UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1936-1937. — N° 114

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA CAPACITÉ VITALE ET DE LA RICHESSE DU SANG EN HÉMATIES CHEZ LES MONTAGNARDS

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 12 mai 1937

PAR

Damien LOUSTAU

Diplômé d'Études supérieures médicales d'Éducation physique
Diplômé de Médecine coloniale

Né à LA HAVANE (Cuba) le 11 octobre 1908

Examinateurs de la Thèse :

MM. C. SIGALAS, professeur ..... *Président.*
ROCHER, professeur ..... *Juges.*
FABRE, agrégé ..... *Juges.*
WANGERMEZ, agrégé ..... *Juges.*

BORDEAUX
IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS
6, Place Saint-Christoly

1937

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1936-1937. — N° 114

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA CAPACITÉ VITALE ET DE LA RICHESSE DU SANG EN HÉMATIES CHEZ LES MONTAGNARDS

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 12 mai 1937

PAR

Damien LOUSTAU

Diplômé d'Études supérieures médicales d'Éducation physique
Diplômé de Médecine coloniale

Né à LA HAVANE (Cuba) le 11 octobre 1908

Examinateurs de la Thèse

MM. C. SIGALAS, professeur ..... *Président.*
ROCHER, professeur .....
FABRE, agrégé ..... *Juges.*
WANGERMEZ, agrégé .....

BORDEAUX
IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS
6, Place Saint-Christoly

1937

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : M. MAURIAC.

ASSESSEUR : M. LABAT.

DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, RIVIÈRE, BARTHE, DENIGÈS, BEILLE, CASSAËT, CHAVANNAZ, PACHON.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale	MAURIAC.	Zoologie et parasitologie	MANDOUL.
id.	DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale	AUBERTIN
Clinique chirurgicale	BÉGOUIN.	Clinique ophtalmologique	TEULIÈRES.
Clinique chirurgicale et gynécologique	GUYOT.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie	ROCHER.
Pathologie et thérapeutique générales	CARLES.	Clinique méd. des maladies des enfants	CRUCHET.
Clinique d'accouchements	ANDÉBRODIAS.	Chimie biologique et médicale	N.
Anatomie pathol. et microscopie clinique	SABRAZÈS.	Physique médicale et pharmaceutique	C. SIGALAS.
Anatomie	VILLEMIN	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques	BONNIN.
Anatomie générale et histologie	G. DUBREUIL.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques	PETGES.
Hygiène	LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires	DUVERGEY
Médecine légale et déontologie	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN.
Chimie	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée	LABAT.
Botanique et matière médicale	GOLSE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie	CREYX.
Pharmacie	DUPOUY.	Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ.

MM. LACOSTE (Histologie). PERY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). PAPIN (Chirurgie générale). R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie	N.	Chirurgie générale	MASSÉ.
id.	DUFOUR.	id.	DARGET.
Physiologie	FABRE.	Obstétrique	RIVIÈRE.
Médecine générale	PIÉCHAUD.	Ophtalmologie	BEAUVIEUX.
id.	DELMAS-MARSALET.	Oto-rhino-laryngologie	DESPONS.
id.	DE GRAILLY.	Dermatologie et syphiligraphie	JOULIA.
id.	FONTAN.	Physique médicale	WANGERMEZ.
id.	BROUSTET.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie	VITTE.
id.	DERVILLÉE.		

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Physiologie	FABRE.	Physique médicale et pharmaceut que	WANGERMEZ
Médecine opératoire	PAPIN.	Médecine légale	DERVILLÉE.
Accouchements	RIVIÈRE.	Urologie	DARGET.
Pathologie médicale	DELMAS-MARSALET.	Botanique	GIRARD.
Puériculture	FAUGÈRE.	Bactériologie	MOUREAU.
Pharmacie chimique	VITTE.	Législation pharmaceutique	POPLAWSKI.
Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.		

Ophtalmologie ..... MM. CABANNES (en congé).

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

A MES SŒURS

A MON FRERE

LE DOCTEUR MAURICE LOUSTAU

Médecin de S. H. P. du Maroc.

A MES TANTES — A MES ONCLES

A TOUS LES MIENS

A MES MAITRES
DE LA FACULTE ET DES HOPITAUX

A MES JUGES

A Monsieur le Professeur agrégé R. FABRE

Chargé du Cours complémentaire de Physiologie,
Chargé de cours à l'Institut d'Education physique,
Médaille militaire,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.

En témoignage de notre grande reconnaissance.

Nous lui exprimons ici notre profonde gratitude pour les conseils qu'il n'a cessé de nous prodiguer dans nos recherches.

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur C. SIGALAS

Doyen honoraire de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Professeur de physique médicale et pharmaceutique,
Directeur de l'Institut d'Education Physique,
Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique
et du Conseil supérieur de l'Assistance publique,
Correspondant national de l'Académie de Médecine,
Commandeur de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.

Qui a bien voulu nous faire le grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Hommage reconnaissant.

AVANT-PROPOS

Au moment de quitter la Faculté où l'on a vécu ses années d'études, on est tout naturellement porté à considérer — sérieusement, gravement — le long chemin que l'on a parcouru, sans cesse guidé par ses maîtres. On acquiert ainsi le sentiment de la mesure, si utile au médecin, le sentiment des limites de ses connaissances, et aussi, sans qu'il y ait contradiction, la nécessaire confiance en soi, la certitude que l'on peut à présent, formé et affermi par les enseignements et les exemples de ses maîtres, aborder l'exercice d'une profession qui demeure un apostolat.

Aussi, au début de ce travail, terme de mes études à la Faculté, c'est avec joie que j'adresse à tous mes Maîtres, Professeurs, Médecins des Hôpitaux de Bordeaux, l'hommage d'une reconnaissance émue et profonde.

Pyrénéen de race et de tradition, familier des longues courses en montagne, je me suis senti naturellement attiré par le sujet proposé par M. le Professeur agrégé Roger Fabre, sujet qui m'invitait, qui m'obligeait à faire des recherches dans le décor et la claire atmosphère des monts du Béarn et de la Bigorre.

Les habitants des villages pyrénéens, les bergers solitaires des hauts pâturages, sont gens d'accueil franc et rude. Mais vis-à-vis du médecin — surtout quand ils ne sont pas malades — leur méfiance s'éveille aussitôt, et ils consentent mal à être les sujets bénévoles d'observations, cependant inof-

fensives. Les guides de montagnes voyaient en moi le représentant médical des Clubs officiels chargé, après examen, de les confirmer dans leurs fonctions ou, au contraire, de les en démettre. Aussi se prêtaient-ils de très mauvaise grâce en général à l'examen.

J'ai donc, en terminant ces lignes, à m'excuser du nombre relativement restreint d'observations relevées; je n'ai pu, à mon grand regret, en réunir un plus grand nombre.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

CAPACITÉ VITALE ET DE LA RICHESSE DU SANG EN HÉMATIES CHEZ LES MONTAGNARDS

ETUDE DU SANG DANS LES HAUTES ALTITUDES

Les travaux de Vierortd et Welcker, effectués de 1852 à 1854, démontraient que le sang de l'individu normal recueilli à la pression de 760 mm. de Hg. contient 5 millions d'hématies chez l'homme et 4.500.000 hématies chez la femme; par la suite, ces chiffres furent considérés comme classiques. Ultérieurement, Bie et Moller (deux Norvégiens), reprirent la question en se servant de l'appareil de Thomas Zeiss. Leurs expériences portent sur 10 hommes et 10 femmes ne présentant aucune lésion pathologique. Après une centaine de numérations, ces auteurs trouvent comme chiffre moyen 5.500.000 pour l'homme et 4.750.000 hématies pour la femme; des expériences faites par d'autres auteurs retrouvent à peu près les mêmes chiffres.

H.-I. Bing trouve chez l'homme 5.500.000 hématies et 4.900.000 hématies chez la femme. Chez l'homme qui dépasse 60 ans, 6.100.000; chez la femme, 5.100.000.

Mais des variations importantes peuvent se produire quand on prélève le sang dans différentes parties du corps, ainsi qu'aux différents moments de la journée.

Des variations physiologiques peuvent se produire :

Avec l'âge : le nombre des globules rouges chez l'enfant passe par un maximum les quatre premiers jours : 5 millions 500.000 à 6.000.000. Puis il y a diminution. L'hyperglobulie des vieillards est due à l'insuffisance cardiaque et à l'éthylisme.

Avec le sexe : plus important chez l'homme que chez la femme; il en est de même de l'hémoglobine.

L'alimentation n'a guère d'influence, sauf l'eau absorbée, qui, diluant le sang, diminue le pourcentage. L'inverse est vrai : on sait que la déshydratation intense du choléra produit une polyglobulie apparente.

Le froid augmente les globules; la chaleur en fait diminuer le nombre. Il y aurait un phénomène de vaso-constriction pendant l'hiver, et de vaso-dilatation pendant l'été.

Le plasma sanguin peut se modifier : les éléments figurés peuvent augmenter tantôt en valeur absolue, tantôt en rapport avec les variations de volume du liquide; il y a donc hyperglobulie vraie et hyperglobulie relative suivant les cas. Les irrégularités de composition du sang observé dans les ascensions à grande altitude viendraient de la concentration ou de la dilution du plasma qui ne s'effectue pas également en tout point.

La composition peut varier avec les vaisseaux : Malassez dit qu'il y a variation entre le sang artériel et le sang veineux chez un même animal et au même instant. Voici les résultats chez deux lapins examinés :

Sang artériel de la carotide :

Lapin A, 4.700.000; lapin B, 5.000.000;

Sang veineux de l'oreille :

Lapin A, 4.900.000; lapin B, 5.800.000.

L'écart entre les chiffres paraît sensible. Il ne tiendrait pas au calibre des vaisseaux. La répartition des globules est la même dans toutes les parties du système artériel. Dans le sang veineux, la différence est relativement grande. Le

sang est plus riche au niveau de la peau qu'au niveau des gros vaisseaux profonds veineux et artériels. Malassez constate dans la veine rénale une augmentation des hématies. Cela tiendrait à la perte de liquide qui s'effectue par la sueur et l'urine, d'où la concentration du sang. Plus il y a de sang circulant au niveau des capillaires, moins il y a de concentration. Dans tous ces cas, on observe une hyperglobulie relative, liée uniquement à une concentration du plasma et sans rapports avec une néoformation des éléments figurés.

Si l'on examine du sang recueilli à une pression de 760 mm. de Hg, on trouve toujours la même proportion : 5.500.000 pour l'homme et 4.750.000 pour la femme. Ces chiffres varient peu en dépit du renouvellement constant de ces globules. La balance de la production et de la destruction globulaire s'équilibre. On trouve encore dans les centres hématopoïétiques des éléments présentant un petit noyau : ce sont des globules rouges nucléés, réunis en petits amas; leur présence en grande abondance indique une production rapide et très abondante de globules rouges. Les globules rouges nucléés ont été trouvés par des chercheurs dans les ascensions.

HISTORIQUE DE L'HYPERGLOBULIE

I. — *Modification du nombre des globules rouges au cours des ascensions en montagne.*

Vivant dans les hautes régions du Mexique, Jourdanet avait remarqué les troubles et les modifications apportées à l'organisme par la haute altitude; ce trouble est appelé suivant les régions du continent américain : soroche ou puña. Dans son beau livre sur le Mexique et l'air raréfié, Jourdanet remarque que les chevaux et mulets vivant dans les hauts plateaux sont peu vigoureux et que les solides chevaux américains, importés dans les hautes régions mexicaines, n'ont pas un rendement intéressant. Quant aux courses de taureaux, elles étaient changées en un jeu inoffensif et ridicule tant était grande la mollesse des combattants. Les âmes primitives des Indiens voyaient là l'intervention de quelque Esprit redoutable.

Jourdanet nous dit qu'en réalité la dépression barométrique peut seule expliquer ce phénomène. Il y a désoxygénation des globules rouges, ralentissement de la nutrition. Le cœur et la respiration s'accélèrent, la fatigue et le froid n'interviennent que secondairement. Jourdanet insiste sur ce point : « Les anémies se rencontrent d'une façon constante chez les habitants et donnent un cachet uniforme à toutes les maladies. Les affections à type aigu ont des réactions violentes de courte durée : bientôt apparaissent les adynamies ataxiques. C'est le cas de la pneumonie, fréquente dans ces régions. Par contre, les affections chroniques sont rares, comme si les faibles ressources de l'organisme ne pou-

vaient y suffire; enfin la dépression atmosphérique favorise la stase veineuse et les congestions par ralentissement de la circulation. »

Paul Bert (1882) invoque surtout les modifications de l'hémoglobine pour discuter les observations et la méthode de Jourdanet.

Dans *Pression barométrique*, Paul Bert écrit : « On pourrait se demander si, par une compensation harmonique dont l'histoire naturelle générale nous offre des exemples, le sang serait devenu plus apte, soit par modification dans la nature ou la quantité d'hémoglobines, soit par une augmentation du nombre des hématies, à absorber plus d'oxygène sous un même volume et à revenir ainsi à la normale habituelle des bords de la mer. Mais il est bien certain que pareil changement, s'il a lieu, ne peut être le fait que de dispositions transmises héréditairement, et ne serait arrivé à son complet développement qu'au bout de générations successives : en sorte qu'il expliquerait, non l'acclimatement de l'individu, mais celui de la race. » La dernière idée de Paul Bert concernant la « disposition héréditaire » ne peut se défendre, et, par la suite, de nombreuses expériences ont démontré qu'au bout de peu de temps on peut s'acclimater aux hautes altitudes.

Paul Bert, entre temps, trouva que l'absorption d'oxygène se fait en plus grande abondance chez les animaux vivant à de grandes altitudes que chez ceux qui vivent au bord de la mer et que la quantité d'hémoglobine est plus importante. Il fit des recherches sur du sang qu'on lui avait envoyé de La Paz (Bolivie) : 3.700 mètres d'altitude, et il remarqua que le sang d'herbivore y absorbait 18 à 20 p. 100 de son poids, alors que l'absorption d'oxygène n'est que de 10 à 12 p. 100 au niveau de la mer. Mais, par la suite, on a reconnu que l'absorption normale au bord de la mer était plus élevée et de l'ordre de 16 à 20 p. 100.

L'hypothèse de l'hyperglobulie devait être confirmée plus tard par Viault au cours d'une expédition dans le Haut-

Pérou. Il a fait de nombreuses études dans les Andes : ce qui fait l'objet de sa communication à l'Académie des sciences (*Compte rendu de l'Académie des sciences*, 1890).

Viault fait un prélèvement de sang pur sur lui-même et l'examine avant son départ de Lima (Pérou). Il en fait de même avec ses compagnons de voyage et quelques animaux qu'il emporte. Après un voyage de quinze jours, il arrive à la mine de Morococha, dans la Cordillère des Andes, à une altitude de 4.392 mètres. Il refait un examen de sang, comme il l'avait fait avant son départ, et il constate que son sang, celui de ses compagnons, ainsi que celui des animaux, présente une augmentation globulaire de 2.000.000 par millimètre cube. Avant le départ, Viault avait 5.000.000 de globules rouges; à Morococha, 7.100.000, et même 8.000.000 après un séjour de huit jours. Contrairement à ce que pensait Paul Bert, il n'y avait aucune adaptation héréditaire, mais bien prolifération de globules. La théorie de l'hyperglobulie entrait dans l'histoire.

Revenu en France, Viault fait l'ascension du pic du Midi de Bigorre, à une altitude de 2.872 mètres, et refait les mêmes expériences qu'au Pérou. Avant l'expérience, il ne remarque aucune hyperglobulie; après l'ascension, il n'y avait pas augmentation globulaire, ni chez lui, ni chez les animaux qui faisaient le voyage, excepté chez le coq. De cela, Viault devait conclure que « l'hyperglobulie ne se produit probablement d'une manière très intense qu'au-dessus de 3.000 mètres ».

Par la suite, de nombreux expérimentateurs refont ces expériences. A Arrosa (Suisse), altitude 1.800 mètres, Egger trouve de l'hyperglobulie : nous sommes loin des 3.000 mètres invoqués par Viault. Egger examine un groupe de personnes comprenant quelques tuberculeux, chlorotiques et neurasthéniques. Dans tous les cas, il y avait hyperglobulie, qui se produisait dès l'arrivée à Arrosa. Il trouve, en moyenne, 400.000 globules rouges de plus. Après quinze jours de séjour, l'augmentation est de 1.000.000. Le chiffre

globulaire moyen des habitants d'Arrosa est de 7.500.000. Chez les nouveaux arrivés, le maximum globulaire est atteint au bout de quinze jours. De retour à la plaine, l'hyperglobulie disparaît aussi rapidement qu'elle était survenue.

A la même époque, Mercier, toujours à Arrosa, reconnaît l'hyperglobulie; il recule cependant le moment d'apparition du nombre de globules maximum. Pour lui, après trois mois, l'équilibre globulaire est atteint. Au bout de cinq mois, il y aurait encore augmentation. Voici le tableau de ses expériences :

Noms des sujets	A Zurich	A Arrossa : 1.800 mètres d'altitude	
	Avant départ	21 jours de séjour	Après 5 mois de séjour
Dr Mercier.....	5.650.000	6.890.000	7.100.000
Sa femme	4.800.000	6.360.000	6.490.000
Sa fille aînée ...	5.200.000	6.300.000	6.500.000
Sa fille cadette...	5.400.000	6.200.000	6.600.000
1er lapin	6.200.000	6.400.000	»
2e lapin	5.400.000	6.800.000	»

L'étude de ce tableau nous montre que l'hyperglobulie existe déjà à 1.800 mètres d'altitude et que l'augmentation se fait en deux périodes : la première est brusque et l'écart est sensible entre l'examen avant le départ, et l'examen fait à Arrosa après trois semaines de séjour; une deuxième période, plus lente, qui se produit jusqu'à l'acclimatation du sujet. Il y a cependant certaines modifications dues à certaines circonstances : ainsi, ayant fait un prélèvement sur sa fille alitée, Mercier note un changement dans le nombre des globules. Après douze jours de lit, il se produit une baisse de 700.000 globules rouges, qui réapparaissent dès le retour à la vie normale. L'activité physique aurait donc une influence sur la constitution de cette hyperglobulie.

Ainsi les travaux de Mercier montrent que, contrairement à l'idée de Viault, l'hyperglobulie se produit au-dessous de 3.000 mètres d'altitude.

Par la suite, des chercheurs reprennent la question et l'étu-

dient de nouveau. Ainsi Miescher et ses élèves, Karcher à Champéry (1.032 mètres d'altitude), Sutter à Sernens (958 m.), et Veillon à Langenbruck (700 m.). Tous les résultats trouvés à altitude peu élevée montrent qu'il y a partout hyperglobulie, et que celle-ci est proportionnelle à l'altitude. L'augmentation va de 17 p. 100 à 20 p. 100 chez l'homme et 18 p. 100 chez le lapin.

Jarnikowki et Schrœder font des recherches à une altitude encore plus basse. Ils expérimentent à Gœrbersdorf (561 m.) : ils trouvent une augmentation de 6 à 800.000 globules rouges chez l'homme et chez la femme. Chez les tuberculeux, il compte même 6.115.000 globules rouges.

Rassemblant tous ces résultats obtenus à des altitudes différentes, Koeppe montre, par le tableau suivant, que toute différence d'altitude se traduit par des différences dans le nombre des globules rouges.

Auteurs	Localités	Altitudes	Chiffres moyens
Laach	Christiania		4.974.000
Schapper	Goettingen	148	5.235.000
Reinert	Tubingen	324	5.322.000
Stierlin	Zurich	412	5.752.000
Koppe	Auerbach	400 à 500	5.748.000
Koppe	Reiboldsgrün	700	5.970.000
Egger	Arosa	1.800	7.000.000
Viault	Morococha	4.392	8.000.000

Schaumann et Rosenquist traduisent ces résultats par une courbe qui s'élève régulièrement jusqu'à 1.800 mètres, pour se rapprocher de l'horizontale au-dessus de cette altitude.

De là, à établir un rapport entre l'augmentation des globules et de l'altitude, il n'y avait qu'un pas. C'est ce que fait Marie quand il écrit : « La concordance entre l'augmentation de l'altitude et celle du nombre des globules est telle que, en l'absence de baromètre, on pourrait presque s'en rapporter au chiffre des globules rouges du sang des habitants du village pour en fixer l'altitude. »

L'examen de ce classement en apparence si régulier montre cependant des résultats dus à plusieurs auteurs : il n'est

tenu aucun compte de l'équation personnelle; de plus, on ne mentionne pas l'ascension du pic du Midi de Bigorre. André Mayer et Armand Dellile dressent en regard du tableau de Koeppe des tableaux contradictoires. Ainsi on ne peut ordonner certains chiffres suivant une série proportionnelle à l'altitude :

Stierlin, à Zurich (412 m.), a trouvé 5.732.000 globules rouges;
Jarnikowki et Schrœder, à Gorbersdorff (561 m.), 5 millions 800.000;
Karsher, à Champéry (1.052 m.), 5.712.000.

Chiffres à peu près égaux malgré une dénivellation de 600 mètres.

De même :

Rudovici, à Leyzin (Suisse) (1.470 m.), 6.048.000;
Wolf, à Reiboldsgrûn (700 m.), 6.200.000.

Pour une même altitude, les résultats présentés par plusieurs auteurs sont bien différents. Les écarts peuvent être assez considérables :

Kundig, à Davos, en trouve chez l'homme 6.550.000;
Kundig, chez la femme, 5.804.000;
Voornfeld, chez l'homme, 6.099.000; chez la femme, 5.008.000;
Roemisch trouve une augmentation de 26 p. 100;
Olivier, de 10 p. 100 seulement.

Enfin, si Viault, au pic du Midi de Bigorre (2.877 m.) n'a pas trouvé d'augmentation globulaire, Kobebrugger et Eijkman, sur les hauts plateaux de Java, trouvent un chiffre même inférieur à celui du niveau de la mer. Loewy et Zuntz, à 3.600 mètres, n'ont pas trouvé non plus d'hyperglobulie.

A quoi peut-on attribuer cette variété dans les résultats ?

Les auteurs qui s'étaient occupés de l'hyperglobulie de l'al-

titude s'adressaient au sang périphérique. Ils faisaient un simple prélèvement de sang au niveau de la pulpe du doigt. Aucun n'avait songé à examiner en même temps le sang périphérique et le sang des vaisseaux profonds. Aucun tableau comparatif n'a été fait. Enfin, aucun auteur n'a mentionné l'action des vaso-moteurs sous l'influence d'agents physiques comme le froid, la chaleur, l'état hygrométrique de l'air, etc.; aucun ne parle « de l'équation personnelle » qu'il aurait été intéressant d'éliminer.

Il est naturel que, dans ces conditions, les statistiques faites après examen de sang humain, ne peuvent être qu'incomplètes et même contradictoires, surtout dans l'hyperglobulie au début; les expériences faites sur des animaux ne sont pas plus concluantes. Si quelques auteurs ont examiné le sang des vaisseaux profonds, aucun n'a eu l'idée de faire en même temps l'examen du sang au niveau des vaisseaux profonds et des vaisseaux superficiels. Egger a pensé à examiner la teneur du sang en hémoglobine chez un certain nombre de lapins. Ses lapins, amenés à Arrosa, présentaient, après un séjour d'un mois, une augmentation notable de l'hémoglobine.

Abderhalden n'admet pas ces résultats.

Certains auteurs, poussant plus loin les recherches, font, en même temps qu'une numération globulaire, un examen histologique du sang. Mercier, dans son étude, remarque que le sang examiné présente des microcytes, petits éléments de la grosseur 5 μ à 5,5 plus petits que les globules adultes, et il note que les éléments sont plus foncés au niveau des bords, sont plus mobiles et paraissent analogues aux globules nains de l'adulte. Chez sa fille aînée, Mercier observe, sur 800 globules, 200 globulins. Ce nombre augmente jusqu'au neuvième jour, puis diminue, quand l'acclimatement du sujet se produit. Egger, Schaumann et Rosenquist retrouvent les mêmes résultats et surtout la présence de globulins; ce qui renforce l'idée de l'hyperglobulie vraie, la présence d'hématies nucléées étant un signe d'une régénération du sang.

II. — *Expérience de laboratoire.*

Certains savants, ont voulu mettre un peu d'ordre et de clarté dans ces résultats un peu contradictoires. Des chercheurs reprennent la question en laboratoire. On peut ainsi éliminer certains facteurs qui pouvaient influencer les résultats.

Schaumann et Rosenquist essaient de reproduire les pressions observées aux hautes altitudes. Ils placent sous la cloche pneumatique des lapins, chiens, pigeons : la pression est maintenue à 430 et 480 millimètres de mercure, pendant deux à cinq semaines; au bout de ce temps, un examen de sang montre : une augmentation du nombre des globules, et, chez les pigeons, la présence d'hématies nucléées.

Par quel intermédiaire agit cette diminution de pression ?

Sellier (de Bordeaux) répond à cette question par ses travaux de 1890. Il comprime directement la trachée et produit une hyperglobulie expérimentale. Ensuite il maintient pendant quelque temps une caille sous une cloche spéciale, à une pression de 760 millimètres de mercure, mais avec une quantité d'oxygène diminuée; quand le chiffre d'oxygène atteint 40 p. 100, il prolonge le séjour de quatre jours.

Voici les résultats observés :

	Avant expérience	Après expérience
Première caille	2.200.000	2.225.000
Deuxième caille	2.420.000	2.370.000
Troisième caille	3.640.000	3.540.000

D'après ces résultats, la diminution de l'oxygène semble jouer le premier rôle dans l'hyperglobulie des altitudes. On obtient les mêmes résultats qu'en diminuant le champ de l'hématose.

Que fallait-il penser de tous ces résultats ?

Tous ces résultats paraissent très variés et même contradictoires.

Au cours des ascensions en montagne, il y a, en somme, augmentation du nombre des globules, mais quelquefois aussi diminution. Il en est de même des résultats histologiques et de laboratoire.

III. — *Ascension scientifique en ballon.*

Abandonnant les recherches en montagne et dans les laboratoires, certains savants eurent l'idée d'utiliser le ballon comme champ d'expérience. Ils ont refait, au cours de nombreuses ascensions en aérostat, toutes les expériences effectuées antérieurement dans les montagnes et les cloches pneumatiques.

Le ballon, instrument relativement maniable, permet de réaliser à volonté et dans un temps très court des altitudes différentes avec le minimum d'effort. Il y a cependant des précautions à prendre : il faudra utiliser le mieux possible le peu d'espace de la nacelle, le sang devra être prélevé rapidement aux altitudes différentes et il ne faut pas compter sur un examen quelconque dans la nacelle, qui est soumise à des trépidations, au caprice des vents et aux « trous d'air ». L'équilibre du ballon est difficile à conserver. Il faut repérer soigneusement le degré barométrique au moment où l'on fait la prise de sang, faire attention aux nuages, qui suffisent à modifier la température et l'état hygrométrique de l'air. Avec un peu de soin et de pratique, toutes ces difficultés sont surmontables.

Les résultats une fois obtenus, on pourra les contrôler par des expériences de laboratoire. Il est facile de reproduire les mêmes basses pressions avec les cloches pneumatiques. Le facteur fatigue n'intervient ni dans les ascensions en ballon, ni dans les expériences de laboratoires. C'est une cause importante d'erreur qui est éliminée.

L'hyperglobulie observée dans ces expériences montre qu'il y a un trouble dans le sang et les organes hématopoïéti-

ques, dans la principale fonction du sang, qui est la nutrition des tissus par l'oxygène. Aux hautes altitudes, il y a désoxygénation, contre laquelle l'organisme réagit en multipliant le nombre des globules. L'équilibre est ainsi réalisé. Il est complet quand le sujet a passé quelques jours en haute altitude et qu'il est complètement acclimaté.

Si les accidents surviennent dans les hautes altitudes, c'est que l'organisme n'a pas encore eu le temps de s'organiser et de mettre au point ses moyens de défense naturels. C'est ce qui explique le drame dont furent les auteurs, bien involontaires, les aéronautes du ballon *le Zénith*. De nombreuses expériences furent faites au cours des ascensions en ballon : les conclusions furent incertaines et contradictoires. Après plusieurs ascensions à 4.200 mètres, Gaule, en 1901, conclut que « la formation de globules est une réalité quand on arrive à une grande altitude; de plus, le phénomène se produit avec une grande rapidité ».

Voulant constater la réalité de la brusquerie de formation des globules, fait constaté par Gaule, Jolly refait de nouvelles ascensions : il emploie une technique appropriée pour la conservation du sang jusqu'à la descente et l'examen au microscope. Jolly constate une augmentation bien nette des globules rouges et pas de modification histologique du sang.

On pousse les expériences plus loin :

Calugaréanu, Victor Henri et Bacon comparent le sang périphérique et le sang des vaisseaux centraux, ce qui n'avait encore été fait. Ils choisissent 3 chiens de 10, 11, et 12 kilos. Les deux premiers sont normaux. Pour le troisième, on avait eu soin de lui enlever la rate quelques mois avant et il se portait bien au moment de l'expérience. Victor Henri et Calugaréanu amènent ces chiens au cours d'une de leurs ascensions. Ils font à terre deux prises de sang, l'une au niveau de la veine de l'oreille et l'autre au niveau de l'artère fémorale. Ils refont la même opération à 3.200 mètres. L'examen du sang effectué donne des chiffres analogues à terre et à 3.200 mètres pour le sang des vaisseaux centraux et péri-

phériques. Il se produit donc dans les vaisseaux centraux et superficiels les mêmes phénomènes. L'altitude n'a aucune influence.

Gaule, seul, a observé en ballon, à 4.200 mètres, une multiplication immédiate des globules rouges et une multiplication des hématies nucléées.

Jolly note une augmentation des globules rouges sans modification de l'histologie des hématies.

Bensaude examine le sang d'animaux, prélevé à 4.000 mètres d'altitude dans la carotide d'un chien : il trouve un chiffre de globules rouges de 4 à 5 p. 100 seulement supérieur à celui d'animaux examinés à terre. Pour lui, pas de globules rouges nucléés, pas de petits globulins. Abderhalden-Schrotter et Zuntz pensent de même.

Les travaux effectués en ballon sont contrôlés par les expériences de laboratoire. Ambard et Beaujard étudient les modifications apportées aux globules rouges par le passage rapide à de basses pressions.

Il résulte de toutes ces expériences que, dans le sang artériel, il n'y a pas augmentation du nombre des globules rouges, même quand on soumet l'animal à une dépression de 450 mm. de Hg. L'hyperglobulie des ascensions constatée dans le sang périphérique est un simple phénomène vasomoteur lié aux conditions atmosphériques : froid, par exemple, capable de modifier rapidement la concentration du sang.

Ainsi le laboratoire vérifie les résultats observés au cours d'ascensions en ballon. Cette hypothèse de la vaso-constriction avait déjà été proposée par Hallier et Dominici.

La question en était là en 1902, question résumée par Fernand Bezançon et Marcel Labbé dans leur traité, *L'Hématologie*, où ils donnent diverses explications de l'hyperglobulie.

a) Goltstein avait fait mention de « l'erreur de technique » en 1900. Il parle d'un phénomène dû à la dépression barométrique, laquelle, comprimant un peu moins la lamelle de

la petite cavité, augmente la capacité de la chambre du compte-gouttes de l'appareil de Thomas Zeis. Cette idée ne se soutient guère, car la dépression n'intervient pas, attendu que la numération se fait à terre.

b) Concentration par évaporation, disent Graswitz, Bunge, Malassez, Abderhalden. Il y a augmentation de l'évaporation au niveau de la peau quand la pression diminue. En même temps, les poumons dégagent plus de vapeur d'eau. Il faut remarquer qu'il n'y a aucun rapport entre cette évaporation et l'hyperglobulie au point de vue quantitatif. On a calculé que, pour répondre à cette hyperglobulie de 15 à 25 p. 100 vérifiée en ballon, il faudrait une perte de sérum de 1/2 litre à 1 litre.

c) Répartition inégale des globules rouges, proposent Schunnburg et Zuntz Loéwy; et ceci dû à différents facteurs : fatigue, activité de la respiration, froid, état hygrométrique de l'air, intensité de la lumière. Voilà ce qui détermine ces phénomènes de vaso-motricité. Cette théorie découle des expériences de laboratoire d'Ambard et Beaujard. Nous pouvons dire dès à présent que la répartition inégale des globules rouges sera reconnue comme la cause de l'hyperglobulie des aéronautes.

d) Koeppe croyait à une augmentation initiale des globules rouges par activation directe des hématies dans la circulation, puis ensuite à une hypergenèse véritable des globules rouges : les hématies nucléées trouvées par Gaule plaident en faveur de l'hypergenèse.

Les travaux de Jolly-Abderhalden, Schoetté et Zuntz nient la présence dans le sang d'hématies nucléées de néoformation. Grawitz déclare simplement que les hématies nucléées n'existent pas dans l'ascension et que le nombre des hématies diminue rapidement dans les descentes, sans aucune manifestation pathologique, ce qui serait admissible dans une hypergenèse véritable.

IV. — *Polyglobulie et hyperglobulie.*

Le problème de l'hyperglobulie était déjà assez complexe et les résultats assez variés et contradictoires, quand Quiserne soulève une autre question dans sa thèse sur les polyglobulies : par ce terme, il désigne « l'ensemble de ces états physiologiques et pathologiques jusqu'ici classés sous le terme générique d'hyperglobulie et caractérisé par l'augmentation du nombre des globules rouges du sang, qu'il y ait ou non augmentation de la masse, comme pourrait le faire dire le terme d'hyperglobulie. L'augmentation de la masse est rare. Aussi croyons-nous qu'il serait préférable de se servir du terme de polyglobulie ou polycythémie, comme disait Limberck, dans son *Traité de la pathologie chimique du sang*, pour désigner l'état caractérisé par l'augmentation du nombre des hématies dans le sang. Cette dénomination aurait l'avantage de ne pas préjuger des changements physiques des globules. De plus, elle aurait aussi, à notre avis, l'avantage de servir à une classification plus rigoureuse des polyglobulies; celles qui s'accompagnent d'une augmentation de diamètre de globules rouges seraient dites polyglobulie ou hyperglobulie. Celles, au contraire, au cours desquelles les diamètres globulaires resteraient égaux ou inférieurs aux diamètres normaux, seraient appelées polyglobulie sans hyperglobulie ».

Pour Quiserne, il y aurait une polyglobulie relative et une polyglobulie vraie. Dans ce dernier cas, il y aurait néoformation; dans le premier cas, il y aurait simple concentration du plasma, d'où, semble-t-il, présence plus abondante de globules rouges dans une goutte de sang. Les polyglobulies relatives sont simplement dues, d'après Quiserne, à une cause physique : climat, latitude, froid, etc., phénomènes purement physiques; le sang présente dans les tropiques un nombre d'hématies supérieur à celui constaté dans les régions tempérées. Aussi s'agit-il simplement ici d'un phénomène de vaso-constriction et concentration sanguine.

Quiserne défend aussi la néoformation. Il se dit du même avis que Jourdanet, Paul Bert, Viault, qui rapportent le mal des montagnes à la variation de pression barométrique, et explique l'acclimatement par multiplication des globules rouges, d'où transport des globules rouges en plus grande abondance.

Au point de vue physiologique, les nerfs vaso-moteurs auraient une influence. Si l'on sectionne un sympathique d'un chien, la diminution des globules est donc très sensible du côté où le sympathique a été sectionné, et l'on a, dans ce cas, un phénomène de polyglobulie sans néoformation. A leur tour, toutes les causes agissant sur le sympathique devraient déterminer une modification du même genre : agents physiques, comme le froid, l'état hygrométrique de l'air, etc. que l'on rencontre dans les grandes altitudes. Ils déterminent une concentration des vaisseaux périphériques et augmentent aussi le taux des globules dans chaque goutte de sang.

Koeppe explique le redoutable « Sorroche » par la gêne apportée par la variation de pression à la fonction respiratoire du sang tant que la réaction de l'organisme n'a pas rétabli l'équilibre nécessaire à la vie par l'augmentation des globules rouges :

« La polyglobulie des altitudes est due à une cause physiologique. La cause cessant, la polyglobulie disparaît. Elle ne donne lieu à des phénomènes morbides que si la cause agit avec une telle force qu'elle ne donne pas à l'organisme le temps de réagir. Enfin, cette hyperglobulie d'altitude n'empêche pas non plus les causes physiologiques qui influent sur la composition du sang de s'exercer sur l'individu indépendamment de son action propre. »

La polyglobulie vraie des altitudes peut donc être rapprochée des polyglobulies vraies par obstacle mécanique à l'arrivée de l'air dans les poumons. La compression de la trachée, étudiée expérimentalement par Vaquez et Sellier, le pneumothorax partiel, provoqué par Auscher et Lapique, donnent lieu à une cyanose qui donne de la polyglobulie. Si on

supprime l'obstacle à l'hématose, le sang redevient normal.

Quant à l'hémoglobine, Quiserne dit « que la polyglobulie des altitudes, causée par la diminution de tension de l'oxygène dans l'air, doit forcément s'accompagner d'une augmentation de l'hémoglobine proportionnelle à celle du nombre des globules rouges nécessaires à rétablir l'équilibre détruit par la variation de la pression atmosphérique. Cette augmentation d'hémoglobine est plus lente que l'augmentation globulaire ».

Mercier admettait la néoformation, ayant trouvé chez les habitants d'Arrosa et chez sa fille, 200 microcytes pour 800 globules rouges (maximum obtenu après neuf journées de séjour). Egger pense de même.

Tous ces faits poussent Quiserne à admettre la néoformation. Il reconnaît que « la concentration joue, sans doute, un rôle dans la production des phénomènes d'adaptation. Or, la fatigue, l'augmentation des sécrétions produites par le travail musculaire, sont justement parmi les faits invoqués comme amenant le plus souvent la concentration. Il y a donc réellement un phénomène mixte d'adaptation de la concentration et de la néoformation ». L'auteur demande à l'expérience la démonstration de la néoformation; Sellier déjà avait indiqué les relations entre la diminution de l'oxygène et la polyglobulie. La polyglobulie est donc en rapport avec le taux de l'oxygène.

Palleri et Mergari augmentent le taux de l'acide carbonique et trouvent de l'hyperglobulie.

Action des organes hématopoïétiques.

Les organes hématopoïétiques jouent aussi leur rôle. Si l'on transporte un animal splénectomisé à haute altitude, l'augmentation globulaire est plus faible que chez les animaux sains. Donc, pour Quiserne, la rate joue un rôle dans l'acclimatement et l'adaptation à l'altitude. Pour résumer l'idée de Quiserne : « L'altitude détermine une polyglobulie

vraie plus marquée, progressive, pouvant causer, si elle se fait très lentement, des accidents du mal de montagne. Elle s'accompagne d'une diminution dans le diamètre d'hématies et d'une augmentation de l'hémoglobine. C'est une réaction fonctionnelle de l'organisme, qui cherche à s'adapter au milieu nouveau grâce à la néoformation globulaire. »

Ici se termine l'étude des premières expériences effectuées en ballon et constatées par les laboratoires et dans les stations d'altitude. La question est loin d'être tranchée. Les recherches de Gaule et la thèse de Quiserne font croire à l'hypothèse de la néoformation; les études de Bensaude, Jolly et Victor Henri, Kalugaréanu, Abderhalden, Schrotter et Zuntz, ne sont guère favorables à cette idée. D'autres auteurs, après de nombreuses ascensions, déclarent qu'il importe de faire encore de nouvelles recherches pour résoudre le problème de l'hyperglobulie des altitudes.

V. — *Phénomènes périphériques de l'hyperglobulie.*

Frappés de l'inégalité des résultats, Armand Delille et André Mayer reprennent la question, au cours d'un séjour dans les Alpes. Ces auteurs montrent que la pression barométrique n'est pas le principal facteur dans l'hyperglobulie. Ils disent, d'ailleurs, que l'invoquer uniquement pour expliquer le mécanisme de l'acclimatation à l'air des hauts plateaux, c'est s'exposer peut-être à ne point se trouver d'accord avec les faits.

Nous voici loin des premières théories de l'hyperglobulie des ascensions.

Quiserne, lui, croyait à la polyglobulie des altitudes par néoformation. Armand Delille et André Mayer disent que le rôle joué par la pression barométrique est douteux, et pourtant cette pression barométrique étayait l'hypothèse de Paul Bert. Foa, lui, attribue l'hyperglobulie à une stase au niveau des vaisseaux périphériques.

En 1903, paraît à la Société de Biologie une note présentée par Lapicque et André Mayer, relative à l'hyperglobulie périphérique sous l'influence d'agents physiques, et notamment du froid. Ils disent que tout s'explique mieux si l'on rapporte au froid les phénomènes observés et mentionnent que les résultats des expériences effectuées précédemment sont peu en faveur de la dépression barométrique.

Lapicque retrouve dans une ascension en ballon une diminution de l'hémoglobine dans les vaisseaux centraux, sous l'influence de l'altitude. Comme il y a augmentation globulaire périphérique, on serait en présence d'un phénomène de balancement. Il admet la vaso-dilatation périphérique d'ascension. Il ajoute : « Le facteur d'altitude n'est pas par lui-même la cause du phénomène; il faut considérer un facteur adventice comme la température par exemple. Nous avons du moins constaté une fois de plus, en ballon et à terre, que le facteur important est l'état des vaisseaux. »

Jolly publie, en 1905, les mêmes conclusions.

On ne peut oublier les travaux de Guillemard et Moog, sur l'hyperglobulie des altitudes, effectués au mont Blanc. Ils étudient les variations du sang chez les animaux, rats, cobayes, lapins; dès le deuxième jour, ils trouvent de l'hyperglobulie périphérique, mais aussi de l'hyperglobulie centrale, qu'ils trouvaient déjà dans tous les cas, sauf dans un. Aussi est-il possible de conclure à une hyperglobulie totale.

Le taux de l'hémoglobine diminue dans la suite. Ceci indiquerait, peut-être, la présence d'hématies jeunes. On sait, en effet, que les microcytes ne fixent que peu à peu cette hémoglobine : argument en faveur de l'hyperglobulie réelle de la deuxième période.

Comme on le voit par ces nombreux résultats plus ou moins contradictoires, la question de l'augmentation des globules rouges dans l'organisme humain vivant à de grandes altitudes est soumise à de nombreuses controverses. Cette augmentation est niée par les uns, admise par les autres, apparente pour ceux qui ont constaté l'inégalité de distribution des hématies dans le sang du cœur et des vaisseaux.

En 1922, Izquierdo, médecin mexicain, dans un mémoire présenté à la Société biologique, donne quelques précisions sur la réalité de l'hyperglobulie d'altitude. Il s'est proposé, dans ce mémoire, d'apporter une contribution à l'étude du problème et présente les résultats d'une série d'observations recueillies sur des animaux acclimatés à Mexico (2.240 m.). Izquierdo et ses élèves ont tout d'abord trouvé pour l'homme habitant la ville de Mexico des chiffres supérieurs (6.000.000 environ, c'est-à-dire 20 p. 100 de plus) à ceux trouvés aux basses altitudes. Et la relation du volume des hématies au plasma paraît proportionnellement augmentée, puisque, dans leurs séries d'observations, ils ont trouvé qu'elle était de 43 p. 100 à 58 p. 100, au lieu de rester entre 30 p. 100 et 50 p. 100, comme aux basses altitudes. Pour les animaux acclimatés dans la ville, même constatation a été faite.

TABLEAU I

Espèces animales	Nombre d'hématies trouvées aux basses altitudes	Année	Observateurs	Observations	Moyenne	Maximum	Minimum	Augm. moy. à Mexico
Cobaye.....	5.800 (Viault, Jollyet, Arthus)	1899	Vergara, Lope	?	641.000	9.731	4.725	10,5
	7.700 (C.P. Jones) ..	1918	Ocaranza.....	27	6.208	7.077	5.400	7,6
			Rivéro, Borrels, Servera	13	6.720	8.100	5.100	15,8
Lapin	6.400 (Viault)	1918	Ocaranza.....	32	7.220	9.544	5.840	9,3
	6.800 (Burton, Spitz).	1922	Izquierdo.....	26	7.517	9.472	6.344	10,8
	6.000 (P. Jones)....							
Moutons....	13.300 (Burton, Spitz	1922	Izquierdo.....	6	10.968	12.990	9.832	6,4
Macacus rhésus..	4.500 (P. Jones)....	1922	Izquierdo.....	14	6.338	7.568	5.048	11,0
Rat blanc .	8.800 (Chicolin) ...	1921	Varela y Vergara.	19	9.420	9.600	7.900	9,5
	8.180 Rivas	1922	Izquierdo.....	20	9.659	12.584	7.768	14,9
Grenouille..	400.000 (Viault)	1922	Izquierdo.....	17	443.000	598.000	364.000	11
	404.000 (Muller)							

Mais les faits constatés au tableau I étaient insuffisants pour résoudre la question, puisque plusieurs auteurs admettent que l'hyperglobulie, loin d'être réelle, est due à l'accumulation des globules rouges à la périphérie. Aussi Izquierdo entreprend une série d'observations simultanées de

sang du cœur et des vaisseaux périphériques. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU II

Espèces animales	Nombre d'observations	Moyenne	Maximum	Minimum
Lapin :				
Sang du cœur	20	7.505	8.664	6.833
Sang de la veine marginale de l'oreille	20	7.597	9.472	6.544
Cobaye :				
S. C.	20	6.013600	7.384	4.496
S. O.	20	6.081	7.504	4.288
Macacus rhésus :				
S. C.	14	6.338	7.568	5.048
S. O.	14	6.391	7.768	5.112
Rat blanc :				
S. C.	20	9.659	12.584	7.768
S. O.	20	9.587	11.824	7.232

D'où il résulte :

a) que le nombre des hématies du sang du cœur des animaux habitant Mexico est également augmenté par rapport aux chiffres trouvés aux basses altitudes;

b) que l'hyperglobulie périphérique, tout en restant légèrement supérieure, ne présente avec la centrale que des différences bien plus faibles que celles trouvées par certains auteurs dans la série d'observations plus réduites, et que l'on doit rapporter plus justement aux modifications qui suivent les premiers jours de l'arrivée à haute altitude. Les moyennes trouvées pour le cœur et les vaisseaux de la périphérie ne diffèrent que de 100.000.

Ainsi on peut conclure que l'augmentation des globules rouges chez les animaux vivant à l'altitude de Mexico (2.240 m.), est réelle, puisqu'il est possible de la constater dans le sang du cœur de même qu'à la périphérie.

Izquierdo nous dit qu'il serait important de vérifier l'existence d'une augmentation de la masse sanguine chez les sujets acclimatés aux hautes altitudes pour voir s'il y a augmentation seulement du nombre d'hématies dans l'unité de

volume. Il n'est malheureusement pas de procédé suffisamment exact pour cette vérification.

Par la suite, les recherches de Strohl montrent que l'on peut voir chez les cobayes soumis pendant quinze minutes à une pression barométrique de 35 cm. de Hg (6.000 m. d'altitude), une polyglobulie fort nette. L'augmentation du nombre des hématies est de près de 1.000.000, et ceci dans le sang périphérique et dans le sang des vaisseaux centraux.

De toutes ces recherches et expériences, il résulte qu'il y a lieu de considérer un double processus dans la détermination de la polyglobulie des altitudes :

a) l'un tardif, durable, fonction d'une hématopoïèse exagérée : polyglobulie dite à long terme;

b) l'autre immédiat, passager, en rapport avec le processus de mobilisation : polyglobulie à court terme, dans lequel intervient un facteur splénique.

HEMOGLOBINE

Dans l'hyperglobulie des ascensions, il a été fait mention des rapports fixés par les auteurs entre le nombre des globules observés et la richesse du sang en hémoglobine. L'hémoglobine donne au sang sa couleur rouge. C'est un véritable ferment oxydant, contenant du fer. Au niveau des lobes pulmonaires, elle absorbe l'oxygène, qui se transforme en oxyhémoglobine qui se réduit ensuite dans les tissus capillaires et abandonne son oxygène au tissu.

Une augmentation de la richesse du sang en hémoglobine devrait accompagner l'augmentation réelle du nombre des globules, sous l'influence de la diminution de tension de l'oxygène. Il ne faut pas oublier qu'il y a deux états : une hémoglobine jeune et une hémoglobine achevée dont la valeur chronométrique est différente.

Paul Bert, dans *Pression barométrique*, pense à une modification dans la nature ou la quantité d'hémoglobine. A leur tour, les travaux de Viault et Jollyet montrent que le sang des animaux qui vivent en plaine absorbe 10 à 12 p. 100, tandis que le sang de la vigogne et du lama en absorbe 19 à 20 p. 100.

Egger, à la station d'altitude d'Arrosa, fait le dosage de l'hémoglobine de 10 lapins. Les résultats donnent, en moyenne, une augmentation de 24 p. 100 après quatre semaines de séjour. De plus, il y aurait diminution d'hémoglobine au début du séjour et augmentation par la suite.

Les résultats de Mercier sont identiques aux précédents. Au début du séjour en montagne, il y a apparition de très nombreux microcytes, « jusqu'à 200 sur 800 globules, et

diminution de l'hémoglobine ». Au bout de trois semaines, le taux de celle-ci est arrivé à la normale.

Au pic du Midi, Muntz trouve chez les animaux vivant sur place une augmentation du fer.

Pour Abderhalden, cette augmentation n'est qu'apparente.

Quiserne étudie les rapports de l'hémoglobine et des globules. Il observe des cobayes, transportés à 1.500 mètres.

Cobaye 1 (splénectomisé) : 5.850 globules rouges; hémoglobine, 100.

Cobaye 2 (splénectomisé) : 5.820 globules rouges; hémoglobine, 90.

Cobaye 3 (sain) : 6.514 globules rouges; hémoglobine, 100.

Cobaye 4 (sain) : 6.940 globules rouges; hémoglobine, 100.

Tous ces cobayes présentent de l'hyperglobulie, moins nette chez les cobayes dératisés, et ceci en rapport avec une augmentation de l'hémoglobine.

L'augmentation de l'hémoglobine aux hautes altitudes paraît donc un fait acquis.

Par la suite, Guillemard et Moog, au cours d'expériences faites sur le mont Blanc, constatent une variation du taux d'hémoglobine dans le même sens que celle des globules rouges, mais parfois aussi une variation en sens inverse.

Barcroft (J.) et ses collaborateurs donnent, en 1928, les résultats de leurs expériences et recherches, effectuées à Cérro de Pasco, dans les régions minières du Haut-Pérou et des Andes, à une altitude de 4.300 mètres. Ils ont montré que, dans ces conditions :

a) il y a plus d'hémoglobine dans le sang;

b) l'hémoglobine se charge d'oxygène à une pression plus basse qu'au niveau de la mer.

CAPACITE VITALE

La capacité vitale est le volume d'air déplacé entre l'inspiration maximale et l'expiration maximale; c'est-à-dire tout l'air pulmonaire, moins l'air résiduel.

Il est classique en physiologie de comparer l'appareil thoraco-pulmonaire à un soufflet muni d'un seul orifice, sans clapet, soufflet dont le volet mobile s'élève plus ou moins, ou à une pompe dont le piston se déplace plus ou moins; et le jeu du volet ou du piston permet d'illustrer les notions de :

— air courant;
— air complémentaire;
— air de réserve,

notions nécessaires à la parfaite compréhension de la donnée « capacité vitale ».

Air courant ou air de respiration. — C'est la quantité d'air inspiré et expiré à chaque mouvement de la respiration ordinaire normale.

Air complémentaire. — C'est la quantité d'air que l'on peut respirer en plus quand une inspiration forcée suit une inspiration normale. En d'autres termes, cette quantité d'air répond à la différence entre l'inspiration normale et l'expiration énergique forcée.

Air de réserve. — C'est la quantité d'air que l'on peut encore expirer après une expiration ordinaire; c'est la différence entre l'expiration normale modérée et l'inspiration forcée énergique.

Capacité vitale = air courant + air complémentaire + air de réserve.

Cette capacité vitale est égale, en moyenne, d'après Nouvion, à :

3 l. 500 pour l'homme;
3 litres pour la femme.

Cette capacité s'oppose à l'air resté dans les poumons après une expiration maximum, et qui ne disparaîtrait que par cessation du vide pleural.

Il importe de ne pas confondre la capacité vitale (ou incapacité respiratoire) avec la capacité pulmonaire de Grehant, représentant la somme de l'air résiduel et de l'air de réserve, et qui constitue la masse d'air dans laquelle vient se diluer l'air inspiré.

Il convient de séparer cette capacité vitale de la capacité totale des poumons, c'est-à-dire de la somme de la capacité vitale + air résiduel.

Le tableau suivant montre comment on a prouvé ces différents éléments de la capacité vitale des poumons :

Capacité totale du poumon : 4 l. 500.

Capacité vitale d'Hutchinson :

a) air résiduel	1 litre	Capacité pulmonaire de Gréhant.
b) air de réserve	1 l. 500	
c) air courant	0 l. 500	
d) air supplémentaire..	1 l. 500	

Le schéma suivant, de F. Jolyet et F. Viault, ou soufflet

thoracique, fera bien comprendre les divisions de la capacité totale pulmonaire.

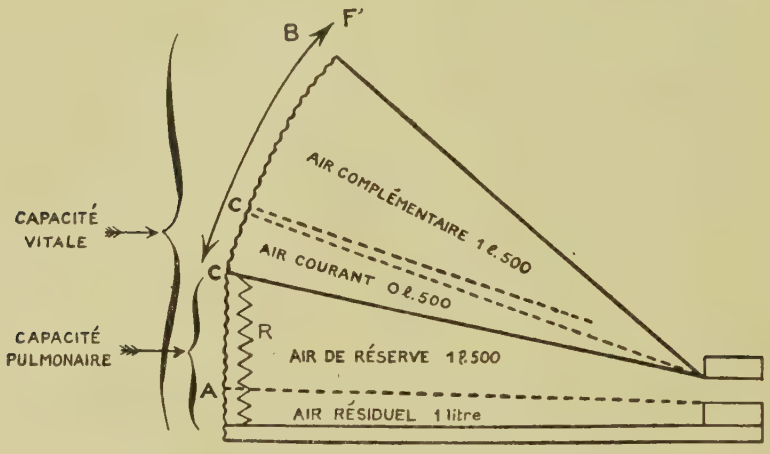

Fig. 1.

A. Position de la paroi mobile dans l'expiration forcée.
B. Sa position dans l'inspiration forcée.
CC. Excursion de cette paroi dans la respiration calme.
R. Ressort représentant l'élasticité thoraco-pulmonaire.
FF'. Cette flèche représente l'action des forces inspiratoires.

Des recherches récentes de Fabre et Guichard ont montré l'inexactitude de ces chiffres.

Ils trouvent chez des sujets normaux des valeurs d'air complémentaire oscillant entre 2 et 3 litres et parfois atteignant 3 l. 500.

Il en est de même pour l'air courant, qu'on considère comme égal au tiers de la valeur de l'air complémentaire, soit 0 l. 500.

Fabre et Guichard ont trouvé pour cet élément des chiffres dépassant souvent 1 litre.

L'air de réserve est lui-même soumis à des variations importantes suivant les sujets.

La valeur de l'air complémentaire est presque toujours et parfois de beaucoup supérieure à la valeur de l'air de réserve

I. — *Historique de la capacité vitale.*

Les premières recherches sur la capacité vitale sont faites par Hutchinson (1845) et par Claude Bernard (1856). Ils mesurent la capacité respiratoire à l'aide d'un appareil appelé « spiromètre ». Simple recherche de laboratoire au début, cette méthode a reçu par la suite des applications cliniques.

En 1890, Joal applique cette méthode de recherche aux sujets porteurs d'affections nasales. Depuis, cette méthode s'est généralisée, et la technique en a été précisée. On s'est servi des spiromètres au point de vue diagnostic des maladies, et au point de vue thérapeutique.

En 1917, Peabody et Wentworth, deux médecins américains, et l'Anglais Dreyer, reprennent la question : ce qui donna lieu à des discussions nombreuses et à une littérature très étendue.

Pescher apporte une importante contribution à l'étude de cette méthode : « La méthode spiroscopique, dit-il, met à la disposition des médecins, pour l'entraînement de leurs malades, une gamme d'exercices de tous degrés, exercices rigoureusement dosés, allant depuis les plus faibles jusqu'à ceux qui, avec la résistance acquise et le progrès réalisé, leur demandent un effort sans cesse accru. »

A Hirtz revient la notion de l'indice respiratoire et des services que peut rendre en clinique la pneumographie. Son élève Heinquerville imagine un ingénieux appareil, appelé pnéoscope : il permet de mesurer la capacité respiratoire et l'air courant.

Pech introduit, à côté de la capacité respiratoire, la notion de débit respiratoire maximum, qu'il recherche à l'aide de son masque manométrique.

II. — *Variation de la capacité vitale.*

Nous avons vu que, d'après Nouvion, la capacité respiratoire est, en moyenne, de :

3 l. 500 pour l'homme;
3 l. 000 pour la femme.

Mais ces chiffres peuvent varier au cours d'états pathologiques et physiologiques.

A. — Variation au cours d'états pathologiques.

Dans l'emphysème, la capacité vitale est nettement diminuée. Dans l'emphysème sans rigidité thoracique marquée, le malade souffle sans peine les 500 à 1.000 premiers centimètres cubes, puis il lui faut faire un effort violent pour atteindre péniblement 1.500 à 2.000 cm^3. L'aiguille du spiromètre tourne lentement, par saccades, et le sujet s'arrête bientôt dans son effort.

Dans l'emphysème avec thorax rigide, la capacité vitale est très réduite.

Chez les tuberculeux pulmonaires, la détermination de la capacité vitale est intéressante. Hutchinson avait déjà remarqué que, dans la tuberculose pulmonaire, la capacité diminuait : au lieu de 3 l. 700, le sujet avait une capacité vitale de 2 l. 440, et même de 1 l. 360 à la période cachectique. Hech, Lassègue, Kuss et G. Bonnin ont noté des résultats à peu près semblables.

Le pneumothorax entraîne une diminution importante de la capacité vitale. G. Lelong et Hartmann montrent que la création d'un pneumothorax produit une diminution de la capacité respiratoire, proportionnelle à la rigidité de la constitution du pneumothorax. Cette capacité respiratoire se relève dans la suite, mais reste inférieure à la valeur constatée avant la constitution du pneumothorax.

Chez les cardiaques, il existe un rapport entre la diminution de la capacité vitale et la dyspnée du malade. Ce rapport a été étudié par Peabody et J. Wentworth. D'après ces auteurs, les cardiaques bien compensés, sans dyspnée, ont une capacité vitale d'environ 90 p. 100 de la normale; mal compensés ou asystoliques, ils peuvent descendre à 40 p. 100 de la normale.

Il y a diminution de la capacité respiratoire chez les ptosiques.

B. — Variation au cours d'état physiologique.

D'après Hutchinson, l'intervalle des repas a son importance, car l'introduction d'une nourriture abondante immédiatement avant l'examen apporte une diminution de la capacité vitale d'à peu près 200 cm^3. L'auteur suppose que la cause en était due à la limitation respiratoire qu'apporte la tension de l'abdomen, et à la torpeur psychique de la digestion. Par contre, Lemon et Moerch jugent cette variation tout à fait négligeable.

C. — Variation de la capacité vitale en haute montagne.

Jourdanet, dans son livre *La pression de l'air sur la vie de l'homme* (1875), s'étonnant de la résistance des Indiens aux hautes altitudes, dit : « Je m'obstinais néanmoins dans la persuasion que la dilatation thoracique de l'Indien devait être considérée comme le résultat nécessaire des milieux où étaient élevées les générations antérieures..... Je suis aujourd'hui convaincu que cette croyance n'est nullement justifiée par les faits. La situation, mieux comprise, m'a donné la pensée qu'une augmentation du volume de la poitrine n'est en aucune manière indispensable à l'accomplissement physiologique de la respiration des altitudes. Je me suis aussi assuré que la race indienne n'est arrivée au déve-

loppement thoracique anormal qui excite notre étonnement que par suite d'une tendance naturelle qui dépend de la conformation physique de sa race. »

Déjà auparavant des savants ou des voyageurs avaient fait des remarques à ce sujet :

Ainsi, en 1850, d'Orbigny dit : « Nous avons voulu nous assurer si, comme nous le devions supposer à priori, les poumons eux-mêmes, par suite de leur plus grande extension, n'avaient pas subi de modification notable. Habitant La Paz, Bolivie (3.717 m.), et informé qu'à l'hôpital il y avait constamment des Indiens des plateaux très populeux, plus élevés encore (3.900-4.400 m.), nous avons eu recours à la complaisance de notre compatriote, M. Burnier, médecin de cet hôpital; nous l'avons prié de vouloir bien nous permettre de faire l'autopsie des cadavres de quelques-uns des Indiens des plus hautes régions, et nous avons comme nous nous y attendions reconnu avec lui, aux poumons, des dimensions extraordinaires, ce qu'indiquait la forme extérieure de la poitrine..... donc nous concluons que la poitrine a une capacité plus grande qu'à l'état normal. »

M. de Saint-Cricq, voyageur français, dit, en 1869, dans une relation de voyage : « Le phénomène, que les Indiens des hauteurs appellent « Sorroche », et dont ils n'ont pas à souffrir, car ils ont par la nature des poumons d'un tiers plus volumineux que ceux des Européens..... »

Le voyageur anglais Forbs fait une comparaison entre les Indiens habitant les niveaux inférieurs et les hautes régions. Il constate chez eux une dimension thoracique amoindrie par rapport à leurs congénères qui vivent sur les hauts plateaux.

Jourdanet répond à cela que, « parmi les hommes dont la vie entière s'est passée au milieu d'un air aux trois quarts de sa pression, le thorax n'a point acquis un développement plus grand qu'au niveau de la mer..... La race indienne, non comme nécessité de situation, mais comme conformation qui lui est naturelle, possède un tronc plus développé que les

races européennes..... La question des rapports du volume de la poitrine avec les résultats de son fonctionnement est très complexe. Prétendre, par conséquent, que tout inconvénient de la raréfaction de l'air devait disparaître au moyen d'une ampleur plus grande du thorax, ce serait préjuger à priori d'une question douteuse et livrer en réalité son esprit à une illusion, car une pareille pensée repose uniquement sur des hypothèses que les faits ne justifient d'aucune manière. Le besoin d'une ampleur plus considérable de la poitrine n'existe réellement pas sur les hautes altitudes. En mesurant le courant d'air qui s'établit normalement dans leur poitrine et en faisant l'analyse quand il est exprimé, on ne trouve pas qu'il soit supérieur en volume à celui que consomment des sujets de race européenne de même taille et thoraciquement moins développés ».

Ces données étaient purement superficielles. Jusqu'à cette époque, aucun chercheur ne nous parle des notions spirométriques ni de mesures précises. Il faut attendre jusqu'en 1899 pour avoir quelques résultats scientifiques.

Les voyageurs précédemment cités estimaient que la capacité vitale était augmentée. Jourdanet, cependant, estimait que l'altitude n'avait guère d'influence sur le développement thoracique et la capacité respiratoire. S'il y avait quelques augmentations, il fallait l'attribuer à la conformation de la race.

Mosso, en 1899, après de nombreuses ascensions et expériences de laboratoire, fait intervenir la notion de paralysie du vague pour expliquer la diminution de la capacité respiratoire chez les montagnards. Il met des chiens et des lapins dans la chambre pneumatique et abaisse la pression jusqu'à 290 ou 260 millimètres de mercure. Les poumons de ces animaux deviennent anémiques et congestionnés. Cette altération apparaît toujours, alors même que l'action de l'air raréfié dure seulement pendant une demi-heure ou une heure. Ceci permet d'expliquer certains troubles qui apparaissent chez les hommes à de grandes altitudes.

Mosso fait une expérience plus démonstrative. Il prend 4 chiens âgés de 3 à 4 mois. Il en met 2 sous la cloche pneumatique et raréfie l'air jusqu'à atteindre une pression de 290 à 300 millimètres de mercure. La pression est maintenue constante par un courant d'air abondant à l'intérieur de la cloche. Il sectionne les vagues à un autre de ces chiens : le quatrième sert pour la comparaison des poumons et du cœur dans l'état normal. Une demi-heure après, il fait l'examen des poumons des chiens tenus dans l'air raréfié; leur aspect est identique à celui des poumons du chien auquel on a sectionné les vagues, et chez lequel, par l'effet de cette section, la paralysie de ces nerfs était complète.

Les poumons des animaux sains, soumis à l'action de l'air raréfié, « sont plus rouges qu'à l'état normal et légèrement œdémateux. De couleur moins claire, ils prennent une teinte gris rougeâtre, avec des taches foncées, légèrement bleues, et d'autres claires, où la coloration est normale. A la surface et spécialement sur les bords des lobes pulmonaires, il existe des hémorragies, des ecchymoses et des épanchements de sang de couleur violacée ».

Il est certain que ce poumon, étant plus dur et plus consistant, se rétracte moins quand on ouvre le thorax. Si l'on sectionne le poumon dans les parties plus foncées, on voit sourdre un liquide légèrement écumeux.

Chez les chiens adultes, il arrive quelquefois de ne pas trouver de l'hyperémie ni de la congestion des poumons, après qu'on a soumis ces animaux, pendant une demi-heure, à une raréfaction de l'air, correspondante à celle que l'on trouve aux plus hautes cimes. Cela ne semble pas surprendre Mosso, « car nous savons combien sont inconstants les phénomènes qu'on observe également après la section des vagues chez les animaux de la même espèce ».

Ainsi, la congestion pulmonaire suffit pour expliquer pourquoi toutes les personnes qui accompagnèrent Mosso dans ses ascensions sur le mont Rosa présentaient une diminution constante et notable de la capacité vitale. La paralysie du

vague peut expliquer le cours de la maladie rapidement fatale, et l'œdème des poumons rencontré à l'autopise du corps d'un collaborateur de Mosso. Ceci explique également la maladie des poumons dont fut atteint le soldat Ramella dans la Campanna Regina Margherita, pendant l'expédition de Mosso au mont Rosa, ainsi que la mort des frères Zoja sur le Gridoni.

L'air raréfié ne produit pas chez tout le monde des altérations également profondes. Chez les uns, les effets de la paralysie disparaissent rapidement; chez les autres, il faut plus de temps. Ceci semble expliquer pourquoi les troubles d'innervation du cœur, du système digestif et des poumons peuvent cesser après un court séjour en haute montagne. Ce qu'il faut chez l'alpiniste, c'est la confiance en lui-même et un entraînement sérieux préalable.

Le docteur Philippe Tissié, de Pau, et Albert Blumenthal font d'intéressantes observations dans une course en montagne organisée en 1906 à Cauterets, afin de connaître le pouvoir de rendement professionnel maximum des guides de cette station.

Participent à cette course cinq guides d'âge différent. Le parcours, aller et retour, est de 58 kilomètres, l'altitude du point de départ est de 925 mètres, celle du point d'arrivée, le sommet du Grand-Vignemale, de 3.298 mètres, auquel il faut ajouter l'ascension du col de Labasse, de 212 mètres supplémentaires. Au total, une ascension verticale de 2.585 mètres, sur 29 kilomètres à l'aller. La course fut accomplie par le premier arrivant (27 ans) en 5 heures 36 minutes, et par le dernier arrivant (50 ans) en 7 h. 39. La vitesse à l'heure de l'ascension de Cauterets au col d'Ossoué (refuge Bayssellance du Club alpin), sur 1.813 mètres d'élévation verticale, fut de 745 mètres pour le premier, et de 655 m. 30 pour le dernier. La vitesse d'ascension normale dans la marche en montagne est de 300 mètres à l'heure pour l'élévation verticale du corps. A la descente, le premier courut à raison de 10 km.680 à l'heure, le dernier de 5 km. 903.

Voici les conclusions prises, en ce qui concerne la spirométrie et la numération globulaire, sur ces professionnels adaptés à la montagne par l'hérédité et l'éducation depuis la plus jeune enfance :

Au point de vue spirométrique, elles révèlent des inspirations régulières, variant par minute, au repos, entre 19 et 26. Les inspirations n'ont pu être prises à l'arrivée. Cependant, le rythme respiratoire, quoique précipité, était régulier.

La diminution de la capacité chez tous les coureurs est constante : elle est très grande. Ainsi, chez un des concurrents, Palax, elle atteint 1 l. 350; chez Bordenave (J.-M.), elle atteint 0 l. 840. Cette diminution de la capacité varie entre 0 l. 150 et 1 l. 350.

Il aurait été intéressant de connaître la capacité vitale de tous les concurrents, mais il ne nous a été possible de retrouver que celle du dernier coureur, Palax, 4 l. 900, et celle de Labasse, 4 l. 600.

La même observation, prise par le Docteur Cros, de Perpignan, sur les coureurs du championnat du Canigou, en 1905, donne des résultats semblables et constants. La diminution de la capacité respiratoire varie entre 0 l. 100 et 0 l. 650.

Cette diminution paraît être de règle dans tous les exercices sportifs de plein air, provoquant une circulation pulmonaire plus large, plus rapide et plus intense, avec un effort du cœur prolongé.

La circulation générale étant plus active, les poumons sont le siège d'une circulation plus grande. Le cœur, fonctionnant normalement, la congestion passive est évitée : si le ventricule droit se fatigue, elle survient. La circulation pulmonaire étant atténuée, les échanges gazeux sont enrayés, et l'asphyxie peut se produire.

La capacité est réduite, soit par suite de la fatigue des muscles du thorax, soit des muscles du ventricule droit, ayant provoqué de la congestion pulmonaire passive. Il s'ensuit que les oxydations ont dû être imparfaites, par une modi-

fication des échanges gazeux, et cette combustion défectueuse a donné naissance à des produits toxiques, déversés dans le sang.

Au point de vue hématologique, à l'arrivée de la course :

L'hémoglobine tombe de 16 p. 100 en moyenne;

Le nombre des globules est réduit parfois de plus de 1 million par millimètre cube.

Comme explication, on peut penser que l'hémoglobine a été brûlée, et que les hommes ont fait de l'autophagie. Les hématies sont déformées, rapetissées. Deux jours après, Tissié et Blumenthal retrouvent leur nombre encore réduit.

A remarquer la présence dans le sang de normoblastes, qui montrent qu'il y a néoformation d'hématies.

La diminution des globules rouges est maxima dans le cas où la capacité respiratoire s'abaisse le plus; et, réciproquement, elle est moins forte quand la capacité décroît le moins.

Dans « l'Y » de la respiration, le Docteur Ph. Tissié, de Pau, nous donne les mensurations au point de vue spirométrique, de Labasse (J.-B.), champion de la course de grand fond de 30 kilomètres en ski des Pyrénées, détenteur, pendant trois années consécutives, de la coupe des clubs alpins et de la coupe d'Union Latine; classé troisième au concours international de Luchon-Superbagnères en 1923, et désigné pour représenter les Pyrénées au concours des Jeux olympiques de Chamonix en 1923. Tissié trouve chez ce grand sportif une capacité vitale de 3 l. 600.

Les travaux effectués au mont Blanc par J. Vallot, G. Kuss, Guillemard et Moog, R. Bayeux, à l'aide du spiromètre, montrent que le débit respiratoire absolu diminue quand l'altitude augmente.

J.-L. Pech montre l'intérêt de la détermination du débit respiratoire maximum, c'est-à-dire le débit aérien le plus grand qu'un sujet puisse réaliser pendant un instant, le plus court soit-il, de l'inspiration ou de l'expiration.

M. Piéry et F. Michel trouvent dans les ascensions en

avion et en montagne une diminution du débit respiratoire avec l'altitude. A la descente, le débit respiratoire reprend à peu près à chaque altitude la valeur qu'il avait atteinte à la montée.

R. Bayeux aboutit aux mêmes conclusions. Le débit respiratoire diminue avec l'altitude : plus l'altitude s'élève, et plus le débit respiratoire maximum diminue.

OBSERVATIONS PERSONNELLES

Détermination de la capacité vitale.

Nous avons utilisé pour nos recherches l'appareil de Verdin. Le principe de cet appareil est le suivant. L'appareil est constitué par une caisse métallique, dans laquelle se trouve enfermé une sorte d'accordéon de cuir à parois souples. L'air arrive dans la caisse par un tube de caoutchouc muni d'un embout de verre, pénètre d'abord dans l'accordéon, qu'il déplie; lorsque celui-ci est complètement rempli d'air et se trouve à bout de course, l'air expiré par le sujet se dirige non plus dans l'accordéon, mais dans le reste de la caisse, tandis que l'accordéon, qui est ainsi comprimé, chasse l'air qu'il contenait à l'extérieur. L'accordéon vide, le dispositif s'inverse à nouveau et réalise les mêmes conditions qu'au début. Le cycle recommence, et l'arrivée de l'air dans l'appareil détermine ainsi un va-et-vient de l'accordéon. Ce mouvement est transmis à une aiguille qui tourne sur un cadran. Il est donc facile de lire sur ce cadran la quantité d'air exhalée par le sujet au cours d'une expiration. On a eu soin d'adapter sur le premier cadran un système permettant d'additionner les résultats d'une série de mesures successives, et, le premier cadran étant gradué en décilitres et en litres, deux autres cadrans marquent respectivement les dizaines et les centaines de litres.

L'apparil d'Hutchinson aurait été plus précis, mais l'encombrement, le poids et la fragilité de l'instrument en rendent le maniement malaisé et peu pratique.

Nous avons commencé par expliquer aux sujets le fonc-

tionnement de l'appareil, et surtout la vitesse de rotation de l'aiguille indiquant le volume d'air.

Le sujet fait plusieurs inspirations et expirations forcées. Après une dernière inspiration forcée, se bouchant les narines avec une main pour éviter toute issue d'air, il prend dans la bouche le tube de verre qui communique avec le caoutchouc relié au spiromètre et fait une expiration forcée et régulière.

Tout le temps de l'opération, il s'applique à ce que l'aiguille du spiromètre tourne d'une façon uniforme, ni trop doucement, ni trop vite.

Point important : rassurer le sujet, car les sujets émotifs, se sachant l'objet de recherches expérimentales, ont toujours tendance à respirer plus superficiellement et plus vite.

Nous avons fait ces expériences avec chacun de nos sujets. Nous avons ensuite pris la moyenne.

Tous nos hommes ont été placés pendant les épreuves dans des conditions expérimentales identiques. Certains facteurs extérieurs, qui étaient capables de modifier les données spirométriques, comme la température du milieu extérieur et le moment de l'expérience, n'ont jamais varié.

Nos expériences étaient faites entre 10 heures et 12 heures, entre 14 heures et 16 heures.

Nous n'avons pas tenu compte de l'intensité de la lumière et de l'état hygrométrique de l'air : Linderld et Moerch les jugent sans influence sur la capacité vitale.

Nous avons encouragé l'émulation entre sujets, nous souvenant des observations de Lemon et Moerch : en effet, ces deux auteurs avaient soumis 6 hommes isolément à la spirométrie. Ils donnèrent certaines valeurs de capacité vitale; soumis à la même expérience tous ensemble, ils donnèrent des valeurs plus élevées de plusieurs centaines de centimètres cubes.

Dans la thèse de Guillon, le Professeur agrégé Roger Fabre nous donne un procédé pour déterminer la capacité vitale en fonction du poids, de la taille, et de la surface du corps.

De nombreux auteurs avaient cherché à évaluer indirectement la capacité vitale d'après des mensurations simples, telles la taille, le poids, les dimensions de la cage thoracique, la surface du corps. Il était logique de supposer que la capacité vitale devait être proportionnelle aux dimensions du corps des individus considérés.

Un grand nombre de formules ont été proposées, permettant de calculer la capacité vitale d'un sujet examiné, par rapport à la taille ou au poids, au périmètre thoracique ou à la surface du corps. Par comparaison du chiffre obtenu avec le résultat donné par le spiromètre, on se proposait ainsi de déterminer si le sujet en question devait être considéré comme normal, robuste, ou, au contraire, insuffisant respiratoire.

Les diverses formules proposées par Hutchinson, Viérordt, Demény, Lémon..., sont fausses, car la capacité vitale est déterminée à partir d'une seule donnée biométrique.

Roger Fabre et Guillon ont eu l'idée de comparer la capacité vitale non pas à un seul facteur, mais à plusieurs valeurs morphologiques.

L'indice spirométrique est recherché avec le spiromètre à cloche.

La surface du corps est donnée par le graphique de H. et M. Janet, qui est très simple à utiliser quand on a la taille et le poids des sujets.

Pour l'adulte normal, Roger Fabre et Guillon proposent la formule :

$$CV = Tm + \frac{P.\ Kg}{100} + Sm2,$$

dans laquelle :

— la capacité vitale est exprimée en litres;
— la taille en mètres;
— le poids en kilogrammes;
— la surface en mètres carrés.

Pour les enfants, nous avons la formule modifiée :

$$CV = Tm + \frac{P\ Kgs}{100} + Sm2 \times K.$$

K est une valeur correspondant aux différents âges :

Garçons :

5 à 7 ans, $K = \frac{53}{100}$

8 à 10 ans, $K = \frac{61}{100}$

10 à 12 ans, $K = \frac{66}{100}$

13 à 14 ans, $K = \frac{73}{100}$

Filles :

6 à 8 ans, $K = \frac{42}{100}$

8 à 9 ans, $K = \frac{49}{100}$

10 à 11 ans, $K = \frac{53}{100}$

11 à 14 ans, $K = \frac{60}{100}$ { 11 à 12 ans, $K = \frac{54}{100}$

11 à 14 ans, $K = \frac{60}{100}$ { 12 à 14 ans, $K = \frac{65}{100}$

Nous avons, pour tous les sujets observés, non seulement déterminé directement la capacité vitale avec le spiromètre, mais aussi calculé la capacité vitale théorique d'après la formule de Fabre et Guillon.

Numération globulaire.

Il existe de nombreux appareils destinés à compter les globules du sang; tous sont basés sur la vision des globules, en même temps que celle du quadrillage de la lame de verre qui les porte. Or, ces divisions, gravées sur le verre même, sont très difficilement visibles lorsqu'elles sont recouvertes de liquide. Aussi, pour remédier à cet inconvénient, nous nous sommes servi de l'hématimètre du Professeur Hayem, dans

lequel le quadrillage n'est pas une gravure sur le fond de la préparation de verre, mais une photographie, qui apparaît très nette et intense, quel que soit le liquide placé au-dessus.

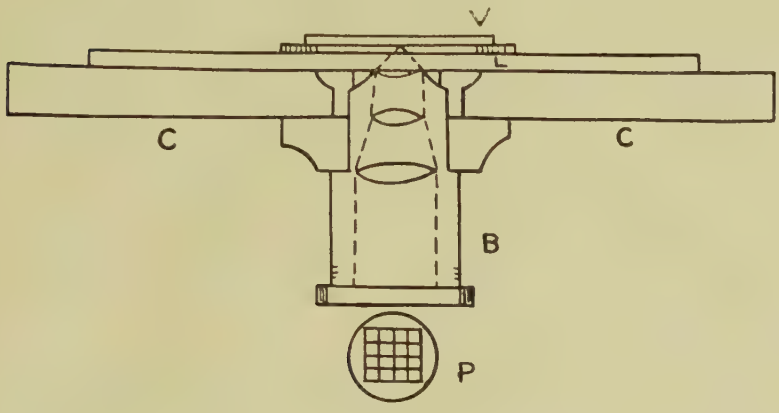

Fig. 2.

L'appareil se compose d'une lame de verre L, avec cellule au 1/5 de millimètre de profondeur, placé sur une platine de métal CC, en dessous de laquelle est vissé un système optique OB, qui projette en O l'image réduite du carré photographique P. Il est alors facile de comprendre comment les globules contenus dans l'épaisseur de la couche liquide au 1/5 de millimètre, en venant se déposer sur le fond de la cellule, se trouvent visibles en même temps que l'image du carré.

On place l'appareil sur la table du microscope, en introduisant le tube B dans l'ouverture de la platine, après avoir réglé au préalable la lumière du miroir, de façon à s'assurer que le quadrillé sera bien éclairé; puis on fixe la plaque de cuivre par les pinces-valets, quand on a amené au centre du champ l'image du quadrillé. On retire alors la plaque de verre portant la cellule, et, après avoir fait la préparation comme nous l'indiquons plus loin, on la replace sous les petits ressorts d'acier.

On emploie habituellement un grossissement de 300 fois environ, avec une distance focale suffisamment grande.

Nous avons emporté dans nos déplacements en montagne une série de 12 tubes de verre fermés par un bouchon de caoutchouc, dans lesquels nous faisions nos mélanges. Nous pouvions transporter ainsi le sang dilué et faire l'examen une fois revenu dans la plaine.

La solution était constituée comme suit :

Eau distillée	200 grammes.
Chlorure de sodium pur	1 gramme.
Sulfate de soude pur	5 grammes.
Bichlorure de mercure	50 grammes.

Les instruments nécessaires pour la prise de sang et la dilution sont :

— une grosse pipette (A), destinée à prendre les 500 mm³ de solution nécessaire à la dilution, que nous placions ensuite dans nos petits tubes de verre, où nous opérions le mélange;

— une pipette destinée à prélever le sang (B.).

La prise de sang était faite au lobule de l'oreille, préalablement nettoyée à l'alcool et séchée. On pique avec un vaccinostyle et on laisse sourdre naturellement le sang. Celui-ci est aspiré avec la pipette B, jusqu'à ce que la colonne de sang dépasse le trait 2. On essuie l'extrémité de la pipette, et on souffle légèrement dans le tube de caoutchouc, de manière que la colonne sanguine arrive au trait d'affleurement. Le sang qui sort de l'extrémité de la pipette est essuyé.

Il importe de faire avec précision cette opération, car la moindre petite erreur fausse grandement les résultats.

On plonge l'extrémité de la pipette B dans le sérum disposé dans les petits tubes, et on souffle, chassant ainsi la colonne sanguine. On brasse deux ou trois fois ce mélange dans la pipette.

Le tube, bouché, est prêt pour la numération.

Pour faire cette numération, on dépose à l'aide d'une pipette ordinaire une goutte du mélange au milieu de la

cellule. On recouvre cette goutte d'une lamelle. On lute les extrémités de la lamelle.

Tout est prêt pour la numération.

Au bout de quelques instants, les globules tombent au fond de la cellule, et l'on a la figure suivante :

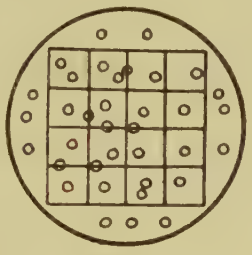

Fig. 3.

Le grand carré de 1/5 de surface est subdivisé en 16 carrés plus petits. On compte les globules qui sont contenus dans l'intérieur du carré, puis ceux qui sont à cheval sur les bords, et l'on ne tiendra compte que de la moitié de ces derniers.

Nous avons fait 5 numérations successives dans les divers champs de la préparation.

Deux tubes ont été ainsi examinés pour chaque individu. Nous avons établi une moyenne plus exacte.

Le chiffre ainsi obtenu est multiplié par 31.000.

Comment obtient-on ce chiffre ? La grosse pipette ayant, en général, 6 mm³ de mouillage, les 500 mm³ de liquide pris avec cette pipette n'en fournissent que 494, auxquels on ajoute les 2 mm³ de sang, le volume total étant de 496 mm³, dont 2 de sang, la dilution est au 248. Or, comme il y a 125 cubes de 1/5 dans 1 mm³, le numérateur doit être : $248 \times 125 = 31.000$.

Dosage de l'hémoglobine.

Nous nous sommes servi de l'hémoglobinomètre de Tallqvist, composé d'un carnet de papier buvard dont on détache un carré qu'on imprègne d'une goutte de sang. La

surface imprégnée étant sèche, on porte le buvard à la fin du volume, où se trouve un index formé de 10 teintes juxtaposées et numérotées de 10 en 10. Chaque rectangle coloré est percé d'un trou sous lequel on fait passer la tache à examiner. Dès que l'égalité de teinte est obtenue, on enregistre le chiffre d'hémoglobine. Le chiffre normal pour 4.500.000 hématies est de 100.

Avec l'hémoglobinomètre de Tallqvist, les erreurs sont de l'ordre de 5 à 10 p. 100.

Les résultats de nos recherches personnelles sont reproduits sous forme de tableaux.

Nous avons indiqué pour chaque groupe de sujets observés : le lieu où a été faite l'expérience avec son altitude et la pression barométrique moyenne; la taille et le poids des sujets; le taux d'hémoglobine; le nombre des globules rouges; la capacité vitale, déterminée au spiromètre; et la capacité vitale théorique.

Première série d'observations.

Il s'agit d'enfants de 9 à 12 ans. Les observations sont prises à une altitude de 40 mètres au-dessus du niveau de la mer :

Age	Taille	Poids	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
10 ans	1,42	37	95	4.774.000	2 l. 150	1 l. 99	Normal.
10 ans	1,29	32	94	5.208.000	1 l. 600	1 l. 75	Normal.
10 ans	1,39	43	95	4.650.000	2 l. 500	2 l. 03	Entraîné.
12 ans	1,33	33	92	4.898.000	2 l. 200	1 l. 84	Entraîné.
10 ans	1,34	29	90	5.208.000	1 l. 600	1 l. 720	Normal.
9 ans	1,22	23	95	5.270.000	1 l. 500	1 l. 42	Normal.
12 ans	1,36	35	90	5.340.000	2 l. 300	1 l. 94	Entraîné.
Moyen.	1,37	53	93	5.049.714	1 l. 978	1 l. 794	

Deuxième série d'observations.

Observations prises à l'altitude de Bordeaux, concernant des hommes adultes et sportifs de 18 à 27 ans :

N°	Taille	Poids	Hémo-globine	Numération globulaire	Indice spiro-métrique	C.V. théorique	
1	1,70	69	90	4.800.000	4 l. 100	4 l. 18	Normal
2	1,74	72	100	5.200.000	4 l. 550	4 l. 31	Normal
3	1,66	61	95	4.500.000	3 l. 900	3 l. 93	Normal
4	1,68	69	90	4.600.000	4 l. 600	4 l. 14	Entraîné
5	1,64	66	85	4.500.000	4 l. 400	4 l. 000	Normal
6	1,71	70	90	4.800.000	4 l. 300	4 l. 21	Normal
7	1,64	66	90	5.000.000	3 l. 600	4 l. 000	Normal
8	1,69	67	80	4.900.000	4 l. 200	4 l. 12	Normal
9	1,62	60	95	5.300.000	3 l. 500	3 l. 85	Normal
10	1,74	67	100	5.100.000	4 l. 700	4 l. 24	Entraîné
11	1,78	74	90	5.200.000	5 l. 250	4 l. 42	Entraîné
12	1,61	59	80	4.900.000	3 l. 800	3 l. 81	Normal
13	1,64	65	85	4.400.000	3 l. 300	3 l. 97	Insuffisant
14	1,72	69	90	4.300.000	4 l. 200	4 l. 21	Normal
15	1,68	70	95	5.200.000	4 l. 000	4 l. 16	Normal
16	1,70	68	100	5.000.000	4 l. 300	4 l. 15	Normal
Moy. :	1,67	64	90	4.868.750	4 l. 184	4 l. 104	

En étudiant ces chiffres, nous pouvons conclure que, chez un individu normal et entraîné, et à une pression de 760 mm. de Hg, on trouve :

a) une globulie normale, autour de 5.000.000 d'hématies, comme les travaux effectués par Vierortd et Welcker le démontraient;

b) le taux de l'hémoglobine oscille autour de 92 p. 100;

c) la moyenne de l'indice spirométrique est de 4 l. 184 pour les sujets normaux et adultes; elle est de 1 l. 978 chez les enfants de 10 à 12 ans;

d) la formule proposée par Fabre et Guillon :

$$CV = T\,m. + \frac{P\,kg.}{100} + Sm^2,$$

pour déterminer la capacité vitale théorique, se trouve confirmée et exacte.

Ainsi, pour le n° 1 de la deuxième série d'observations :

$$CV = 1{,}70 + \frac{69}{100} + 1{,}79 = 4{,}180,$$

l'indice spirométrique expérimental est de 4 l. 100.

Pour le n° 15 de la deuxième série d'observations :

$$CV = 1{,}68 + \frac{70}{100} + 1{,}78 = 4{,}160,$$

l'indice spirométrique expérimental est de 4 litres.

Pour les enfants, soit le n° 1 de la première série d'observations :

$$CV = 1{,}42 + \frac{37}{100} + 1{,}21 = 3 \times \frac{66}{100} = \frac{199}{100} = 1{,}99,$$

l'indice spirométrique expérimental donne 2 l. 150.

D'où il est possible de vérifier qu'on aboutit, au moyen de la formule proposée par Fabre et Guillon, à une capacité vitale très voisine de celle déterminée expérimentalement chez l'homme adulte et normal, ainsi que chez l'enfant, avec une approximation d'environ 10 p. 100.

Troisième série d'observations.

Observations prises chez des étudiants faisant un séjour d'un mois en montagne. Résultats obtenus après trois semaines d'altitude.

Plateau de Lienz. Altitude : 1.490 mètres; pression : 630 mm. Hg.

N°	Poids	Taille	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
1	68	1,60	95	6.324.000	4 l. 100	3 l. 980	Normal.
2	59	1,70	80	5.952.000	5 l. 600	3 l. 960	Normal.
3	60	1,66	100	5.831.000	3 l. 700	**3 l. 910**	Normal.
4	62	1,71	95	5.560.000	4 l. 700	4 l. 040	Entraîné.
5	60	1,70	90	6.121.000	4 l. 600	3 l. 990	Entraîné.
6	63	1,69	90	6.000.000	4 l. 000	4 l. 030	Normal.
7	70	1,90	80	6.913.000	4 l. 440	4 l. 550	Normal.
8	57	1,70	85	6.100.000	3 l. 700	3 l. 790	Normal.
9	62	1,71	100	5.842.000	4 l. 700	4 l. 040	Entraîné.
10	74	1,76	97	5.800.000	5 l. 750	4 l. 390	Entraîné.
11	50	1,68	100	6.251.000	3 l. 600	3 l. 730	Normal.
12	69	1,75	90	5.800.000	5 l. 750	4 l. 070	Entraîné.
13	60	1,70	85	6.500.000	3 l. 400	3 l. 990	Insuffisant.
14	67	1,67	95	5.385.000	4 l. 000	4 l. 080	Normal.
15	65	1,74	98	5.797.000	4 l. 800	4 l. 150	Entraîné.
16	73	1,51	100	6.169.000	3 l. 400	3 l. 280	Normal.
Moy.	61,25	1,68	92	6.018.437	4 l. 265	3 l. 999	

N°	Age	Poids	Taille	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
17	12	35	1,38	85	5.600.000	2 l. 400	1 l. 90	Entraîné.
18	10	32	1,33	80	5.800.000	2 l. 300	1 l. 80	Entraîné.
19	14	48	1,55	85	5.650.000	2 l. 900	2 l. 77	Normal.
20	11	36	1,37	90	5.700.000	2 l. 600	1 l. 90	Entraîné.
Moyenne ...		37,75	140	85	5.687.500	2 l. 550	2 l. 092	
Femmes.		53	165	100	6.665.000	2 l. 600	3 l. 18	Insuffisant.
		60	158	100	5.590.000	3 l. 100	3 l. 210	Normal.
Moyenne ..		—	—	100	6.127.500	2 l. 850	3 l. 195	

Nous trouvons dans ces observations :

a) une hyperglobulie autour de 6.000.000 pour l'adulte, et autour de 5.700.000 pour les enfants;

b) pour la capacité vitale expérimentale, nous trouvons une moyenne de 4 l. 265 chez des adultes de 17 à 24 ans.

Quatrième série d'observations.

Observations prises chez des bergers passant quatre mois cabanes de Soques. Altitude : 1.415 mètres; pression : 630 mm. Hg.

N°	Poids	Taille	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
1	60	1,65	100	5.600.000	3 l. 500	3 l. 900	Insuffisant
2	64	1,66	100	5.400.000	3 l. 800	4 l. 000	Normal
3	59	1,60	100	5.900.000	3 l. 700	3 l. 800	Normal
4	64	1,66	100	5.850.000	3 l. 600	4 l. 000	Normal
5	65	1,65	100	5.700.000	4 l. 000	4 l. 000	Normal
6	61	1,59	100	5.200.000	3 l. 400	3 l. 810	Insuffisant
7	68	1,69	100	5.950.000	3 l. 300	4 l. 140	Insuffisant
8	57	1,56	100	6.000.000	3 l. 500	3 l. 680	Normal
Moy. :	62,25	1,63	100	5.700.000	3 l. 600	3 l. 916	

Observations prises chez des bergers passant quatre mois au lac d'Estaens. Altitude : 1.747 mètres; pression barométrique : 610 mm. Hg.

N°	Poids	Taille	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
9	65	1,68	100	6.000.000	3 l. 300	4 l. 05	Insuffisant.
10	70	1,72	100	6.200 000	4 l. 000	4 l. 230	Normal.
11	61	1,63	100	5.960 000	3 l. 900	3 l. 880	Normal.
12	64	1,65	100	6.100 000	3 l. 600	3 l. 980	Normal.
13	66	1,64	100	6.400.000	3 l. 400	4 l. 000	Insuffisant.
14	63	1,61	100	5.800.000	3 l. 800	3 l. 990	Normal.
15	59	1,63	100	5.900.000	4 l. 000	3 l. 840	Normal.
Moy. :	65,42	1,60	100	6.042.857	3 l. 714	3 l. 981	

Observations prises chez des bergers passant quatre mois dans la vallée du Marcadeau. Altitude : 1.866 à 1.900 mètres; pression barométrique : 600 mm. Hg.

N°	Taille	Poids	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
16	62	1,64	100	6.300.000	3 l. 400	3 l. 920	Normal.
17	69	1,72	100	6.100.000	3 l. 600	4 l. 210	Insuffisant.
18	67	1,66	100	5.900.000	3 l. 800	4 l. 050	Normal.
19	63	1,62	100	6.100.000	3 l. 500	3 l. 940	Insuffisant.
20	57	1,58	100	6.100.000	3 l. 800	3 l. 720	Normal.
21	60	1,63	100	5.850.000	4 l. 000	3 l. 870	Normal.
Moy. :	63	1,64	100	6.100.000	3 l. 683	3 l. 946	

Ici, nous pouvons faire les mêmes remarques que pour la cinquième série d'observations :

a) hyperglobulie autour de 6.000.000;

b) la capacité vitale est relativement plus grande que chez le montagnard vrai et sédentaire : elle est de 3 l. 665; quelques cas cependant d'insuffisance assez marquée par rapport à la capacité vitale théorique; on peut estimer, avec Fabre et Loubatié, qu'il s'agit de blocage thoracique, fréquent chez

les campagnards, habitués de très bonne heure à des travaux de force;

c) le poids moyen est de 63 kg. 35;

d) la taille moyenne est 1 m. 64.

Cinquième série d'observations.

Observations prises chez des guides de montagne habitant toujours la même altitude toute l'année.

Gavarnie (village). Altitude : 1.365 mètres; pression barométrique : 640 mm. Hg.

N°	Taille	Poids	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
1	1,70	60	100	6.100.000	3 l. 200	3 l. 98	Insuffisant.
2	1,61	65	100	6.155.000	3 l. 100	3 l. 93	Insuffisant.
3	1,70	67	100	5.950.000	3 l. 200	4 l. 13	Insuffisant.
4	1,63	61	100	6.300.000	3 l. 400	3 l. 89	Insuffisant.
5	1,62	58	100	5.600.000	3 l. 300	3 l. 84	Insuffisant.
6	1,60	56	100	5.800.000	3 l. 500	3 l. 73	Normal.
7	1,56	60	100	5.900.000	2 l. 900	3 l. 74	Insuffisant.
8	1,63	64	100	6.000.000	3 l. 500	3 l. 94	Insuffisant.
9	1,62	56	100	5.900.000	3 l. 100	3 l. 76	Insuffisant.
10	1,60	57	100	5.800.000	3 l. 200	3 l. 74	Insuffisant.
Moy :	1,63	60,1	100	5.850.000	3 l. 240	3 l. 875	

Observations prises chez des guides de montagne habitant toute l'année au même endroit.

Cauterets. Altitude : 925 mètres; pression barométrique, 670 mm. Hg.

N°	Taille	Poids	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
11	1,64	65	100	6.000.000	3 l. 200	3 l. 98	Insuffisant.
12	1,63	61	100	5.400.000	3 l. 600	3 l. 89	Normal.
13	1,62	63	100	5.600.000	3 l. 700	3 l. 90	Normal.
14	1,67	64	100	5.900.000	3 l. 400	4 l. 01	Insuffisant.
15	1,68	67	100	6.100.000	3 l. 500	3 l. 99	Insuffisant.
16	1,66	66	100	5.800.000	4 l. 000	4 l. 04	Normal.
17	1,61	62	100	6.000.000	3 l. 400	3 l. 87	Insuffisant.
18	1,61	58	100	5.900.000	3 l. 600	3 l. 79	Normal.
Moy. :	1,64	63,25	100	5.837.000	3 l. 550	3 l. 147	

Observations prises chez des guides de montagne habitant toute l'année au même endroit.

Barèges. Altitude : 1.219 mètres; pression barométrique : 650 mm. Hg.

N°	Taille	Poids	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique	C.V. théorique	
19	1,59	61	100	6.100.000	3 l. 300	3 l. 82	Insuffisant.
20	1,62	63	100	5.500.000	3 l. 800	3 l. 90	Normal.
21	1,55	58	100	5.900.000	3 l. 700	3 l. 68	Normal.
22	1,59	52	100	6.000.000	3 l. 400	3 l. 61	Normal.
Moy. :	1,58	58,5	100	5.875.000	3 l. 550	3 l. 752	

Ainsi, chez les guides de montagne, nous trouvons l'hyperglobulie :

à 925 mètres, une globulie moyenne de 5.837.000;
à 1.219 mètres, une globulie moyenne de 5.875.000;
à 1.365 mètres, une globulie moyenne de 5.850.000.

Au niveau de la mer, nous avons trouvé chez des sujets adultes et normaux une moyenne de 4.868.750 globules rouges.

Nous voyons donc que, dès 925 mètres, nous trouvons une augmentation globulaire de près de 1.000.000 d'hématies.

L'hyperglobulie commence bien au-dessous des 3.000 mètres fixés par Viault :

— Il n'y a pas de rapport entre l'altitude et le nombre des globules rouges. En effet, la moyenne obtenue à 925 mètres d'altitude est supérieure à celle obtenue à 1.365 mètres. L'idée de Marie, lorsqu'il écrit : « La concordance entre l'augmentation de l'altitude et celle du nombre des globules rouges est telle que, en l'absence de baromètre, on pourrait presque s'en rapporter au chiffre des globules rouges du sang des habitants du village pour en fixer l'altitude », ne se révèle pas exacte;

— Chez le montagnard, le taux d'hémoglobine est en moyenne de 100;

— La taille moyenne du guide de montagne est 1 m. 61;

— Le poids moyen est 60 kg. 710;

— La capacité vitale est en moyenne chez le montagnard de 3 l. 446.

Nous avons trouvé comme moyenne chez des jeunes sportifs, à l'altitude de Bordeaux, 4 l. 184.

Ainsi, la capacité vitale est nettement inférieure chez les guides de montagne, et au-dessous de la normale, contrairement à ce que l'on pourrait penser chez des sujets entraînés et doués d'une telle résistance.

Fabre et Guillon nous disent que l'on reste dans les limites de la normale tant que la valeur expérimentale de la capacité vitale ne s'écarte pas de plus de 10 p. 100 en plus ou en moins des résultats obtenus par le calcul.

Si l'indice spirométrique se trouve inférieur à CV calculée — 10 p. 100, le sujet est insuffisant respiratoire;

S'il est supérieur à CV calculée + 10 p. 100, le sujet est considéré comme entraîné.

Or, si nous appliquons la formule de Fabre et Guillon chez les montagnards que nous avons examinés, sur 22 guides montagnards, nous trouvons :

14 sujets insuffisants respiratoires;

8 sujets normaux, c'est-à-dire des sujets dont l'indice spirométrique ne s'écarte pas de plus de 10 p. 100 en plus ou en moins du résultat obtenu par les calculs.

Ceci semble nous étonner : en fait, c'est le résultat du métier, de l'effort soutenu, et peut-être aussi du port du sac, qui aboutit au blocage thoracique relatif.

Ainsi, le seul habitat à la montagne, même à haute altitude, ne suffit pas au développement de la cage thoracique, sans cela tous les montagnards seraient thoraciquement bien développés, ce qui n'est pas, comme nous avons pu le voir.

Sixième série d'observations.

Observations prises chez des hommes entre 18 et 28 ans. Ces sujets étaient depuis dix jours en montagne.

Point de départ : refuge de Labérouat, 1.400 mètres.

Monter au pic d'Anie, 2.500 mètres (pression barométrique : 560 mm. Hg), et retour au refuge de Labérouat (pression barométrique : 630 mm. Hg).

Avant course	Hémoglobine	Numération globulaire	Indice spirométrique
1	95	5.600.000	4.200
2	100	5.250.000	4.000
3	100	4.995.000	3.800
4	95	5.800.000	4.700
5	95	5.175.000	3.900
6	100	5.235.000	3.500
7	100	4.900.000	3.800
8	100	4.825.000	4.350
Moyenne ...	98,25	5.222.500	4.025
Après course			
1	90	5.000.000	3.700
2	100	4.900.000	3.800
3	95	4.700.000	3.600
4	80	5.350.000	3.600
5	90	5.175.000	3.600
6	85	5.100.000	3.400
7	90	4.615.000	3.610
8	90	4.555.000	3.800
Moyenne	90	4.799.375	3.638

Temps aller et retour : 7 heures.

Dans ces tableaux, nous remarquons :

1° Qu'un séjour en montagne de dix jours augmente le nombre des globules du sang. A l'altitude de Bordeaux, nous trouvons une moyenne globulaire autour de 4.868.750. Après un séjour de dix jours à 1.400 mètres d'altitude, nous trouvons un chiffre moyen de 5.222.500 hématies, soit une augmentation moyenne de 353.750 hématies.

2° Le nombre des globules diminue après une course prolongée en montagne. La moyenne avant le départ est de 5.222.500 globules rouges. Nous trouvons à l'arrivée une moyenne de 4.799.375 hématies, soit une diminution moyenne de 423.125.

Ceci confirme les travaux effectués par le Docteur Tissié (de Pau), et Albert Blumenthal (Bruxelles), au cours de la course de fond du Vignemale.

3° La capacité vitale expérimentale est diminuée : Au départ, nous avons une moyenne de 4 l. 025. A l'arrivée, nous avons une moyenne de 3 l. 638.

Nous trouvons là la confirmation des travaux de Fabre, Loubatié et Grondeau, qui ont montré que, sous l'influence de la fatigue et de l'essoufflement, il y avait diminution de la capacité vitale.

Nous remarquons, en outre, que cette diminution, chez les sujets que nous avons examinés en montagne, est d'autant plus grande que la capacité vitale avant l'expérience est plus forte.

Numéro des sujets	Capacité vitale	Diminution Après course
4	4.700	1 l. 100
8	4.350	0 l. 550
1	4.200	0 l. 500
5	3.900	0 l. 300
2	4.000	0 l. 200
3	3.800	0 l. 200
7	3.800	0 l. 190
6	3.500	0 l. 100

CONCLUSIONS

De l'ensemble des recherches effectuées par les auteurs que nous avons consultés, et de nos recherches personnelles, nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes :

I. — Au bord de la mer ou aux très basses altitudes :

1° Le taux des globules rouges est voisin de 5.000.000 par millimètre cube;

2° Le taux de l'hémoglobine oscille autour de la normale : 92 p. 100 de l'échelle de Tallqvist;

3° Pour l'adulte normal, l'indice spirométrique paraît supérieur aux chiffres généralement indiqués, et voisin de 4 litres;

4° La formule de capacité vitale théorique proposée par Fabre et Guillon est de nouveau confirmée.

II. — Chez les sujets normaux vivant à la montagne :

1° L'hyperglobulie est nette à partir de 900 mètres d'altitude. Elle est progressivement croissante d'ailleurs avec l'altitude;

2° Le taux de l'hémoglobine se montre constamment égal à la normale : 100 p. 100 de l'échelle de Tallqvist;

3° La capacité vitale, ou indice spirométrique du montagnard, est plus faible que celle des sujets vivant aux basses altitudes. Cette diminution paraît être la conséquence d'un blocage thoracique;

4° Un long effort ou la fatigue diminue le taux des globules rouges et de l'hémoglobine, ainsi que la valeur de l'indice spirométrique.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession honoré à jamais parmi les hommes; si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu : *Le Doyen*,

PIERRE MAURIAC.

Vu, bon a imprimer :

Le Président,

C. SIGALAS.

Vu et permis d'imprimer :

Bordeaux, le 30 avril 1937.

Le Recteur de l'Académie,

A. TERRACHER.

BIBLIOGRAPHIE

Bayeux. — Le mal des altitudes. *C. R. Ac. des sc.*, 1919-1921.

— Expériences faites au mont Blanc, en 1903, sur l'activité des combustions organiques aux hautes altitudes. Soc. de biol., 1904.

— La respiration aux hautes altitudes. *Ibid.*, t. CLXXXIV, p. 1037, avril 1922.

— Modification structurale du poumon, sous l'influence des grandes décompressions barométriques. *Ibid.*, t. CLXXX, p. 1701, juin 1925.

— Numération des globules rouges du sang humain, faite la première fois au sommet du mont Blanc en août 1904. *Ann. de méd. et chir. inf.*, Paris, 1905, IX, 590, 592.

Bert (Paul). — La pression barométrique. Influence des altitudes sur la respiration. *Acad. des sc.*, 1882.

— Le mal des montagnes. *Revue scientifique*, 1886.

Beyne (J.). — Quelques recherches sur la relation qui unit le débit respiratoire maximum et la pression atmosphérique. *Journ. de physiol. et pathol.*, t. XXI, n° 1, p. 30, 1923.

Boiet (F.). — La capacité pulmonaire et l'indice spirométrique chez les tuberculeux. Thèse Paris, 1904-1905.

Carrieu. — Les variations du débit respiratoire maximum en pratique médicale. *La clinique*, avril 1922, p. 104.

Castex. — Le mal des aviateurs. Thèse Lyon, 1921.

Cruchet et Moulinier. — Mal des aviateurs. *C. R. Acad. des sc.*, 1911.

Fabre (R.) et Escole (L.). — Détermination indirecte de la capacité vitale chez l'homme. *C. R. Soc. de biol.*, 16, XII, 1932.

Fabre (R.) et Guichard (R.). — Les différents éléments de la capacité vitale. *Gaz. hebd. des sc. méd. de Bordeaux*, nov. 1935.

Fabre (R.) et Guillon. — Etude de la capacité vitale en fonction de la taille, poids et surface du corps chez l'enfant et chez l'adulte. Thèse Bordeaux, 1936.

Ferry. — Mal des altitudes et mal des aviateurs. *Ann. de méd.*, 1919.

Gley. — Valeur fonctionnelle et spirométrique de l'appareil respiratoire. *Physiologie*, 1918, 1er fasc.

Grondeau. — Contribution à l'étude expérimentale de l'essoufflement. Thèse Bordeaux, 1934.

Guillemard et Moog. — Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale. *Journ. de physiol. et de pathol. gén.*, 1906, n° 4.

— Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale. *C. R. Acad. des sc.*, t. CXLI, p. 846, 2 nov. 1905.

— Ventilation pulmonaire. Echanges gazeux au mont Blanc. *C. R. Acad. des sc.*, 1907, p. 238.

Izquierdo (J.-J.). — Le débit respiratoire des habitants des hautes altitudes. *C. R. Soc. de biol.*, t. LXXXVII, p. 639, 21 juill. 1922.

Kuss. — Les combustions organiques mesurées par les échanges respiratoires ne sont pas modifiées par un séjour à haute altitude (4.350 m.). *C. R. Acad. des sc.*, 1905, p. 273.

Jacquet. — Recherches sur l'influence du climat d'altitude sur le sang.

Jarnitowki et Schoen. — Les modifications dans la montagne.

Jourdanet. — Le Mexique.

— L'air raréfié.

Ledent. — La spirométrie. *Soc. belge de physiol.*, 2 juin 1929.

— Le spiromètre. *Le scalpel*, 29 juin 1929.

Legorgeu. — De la pathologie du mal de montagne. Thèse Bordeaux, 1904.

Lépine. — Les grandes altitudes ont-elles quelques utilités ? *Semaine médicale*, 1898.

Lortet. — Deux ascensions scientifiques au mont Blanc. *Revue scientifique*, 1876.

Mario Piolti. — Recherches sur la capacité vitale pulmonaire. Ses relations avec certaines mesures du corps suivant les races. Résultat chez les sujets français. *Biologie médicale*, juin 1930, p. 198.

Maurel. — Rapport probable entre le nombre des hématies et les variations des dépenses de l'organisme dues aux différences de température ambiante.

Michel (Fl). — Le débit respiratoire dans les ascensions en avion et en montagne. Thèse Lyon.

Mosso. — *Arch. ital. de biol.*, t. XXX, fasc. III, 1898.

— Physiologie de l'homme sur les Alpes. *Tribune méd. de Paris*, 99.

— Modification de la circulation et de la respiration sur les hauts plateaux. *Semaine médicale*, 1897, p. 76.

— Acapnée et mal de montagne. *Rev. gén. des sc.*, 15 mars 1899.

— Acapnée. *C. R. Soc. de biol.*, 1897, p. 223.

Myers, Le Roy et Maeder. — The vital capacity of the lungs of 419 firemen.

Nouvion. — Capacité et force respiratoire. *Arch. de méd. et de chir. app. resp.*, 1926, p. 502.

Pech. — La mesure de débit respiratoire maximum en pratique médicale. *La clinique*, n° 4, avril 1922.

Pescher. — Les applications pratiques de l'entraînement respiratoire. *Journ. des praticiens*, 3 juill. 1926.

Quiserne. — Les polyglobulies. Thèse Paris, 1902.

Regnier (P.). — La capacité vitale chez les cardio-pulmonaires. Thèse Paris, 1927.

Rosenthal. — Les faits essentiels de la rééducation respiratoire. *L'évolution thérapeutique*, 1926.

Sellier. — Thèse Bordeaux, 1895.

Soubies. — Physiologie de l'aéronaute. Thèse Paris, 1907.

Stroll. — Etude comparative des différents procédés d'exploration de la capacité respiratoire. *Journ. physiol. et pathol. gén.*, 1919, p. 258.

Tissié (Ph.). — Marche et alpinisme. *Rev. des jeux scol. et d'hyg.*, août-sept. 1908, p. 108.

— De la respiration.

— De la fatigue.

Tissié (C.-Ph.) et Blumenthal (Albert). — Contribution à l'étude de la fatigue dans les courses en montagne. Communication présentée à l'Académie de médecine (juin 1907) par M. le Professeur Bouchard, *Arch. de physiol. normale et pathol.*

Trève. — De la valeur relative des mensurations thoraciques. *Journ. de méd. de Paris*, n° 358, août 1926, p. 647, 648.

Vallot. — Sur les modifications de la respiration dans les ascensions. *C. R. Acad. des sc.*, 1903.

— Expériences sur la respiration au mont Blanc. *Ann. de l'Observ. météorol. du mont Blanc*, 1905.

Viault. — Effets des grandes altitudes sur l'organisme. *C. R. Acad. des sc.*, 1880, t. CXI, p. 917.

— Sur l'augmentation du nombre des globules chez les habitants des hauts plateaux de l'Amérique du Sud. *Ibid.*, 15 déc. 1880.

— Action physiologique des climats de montagne. *Ibid.*, 27 juin 1892.

29.133. — Bordeaux, Imprimerie Centrale Delmas, 6, place Saint-Christoly. — 1937.